

Biopåse för matavfall

Miljöbedömning

David Palm
Mathias Gustavsson
Jenny Lexén
Kristian Jelse

IVL Svenska Miljöinstitutet

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Biopåse för matavfall

Miljöbedömning

Denna rapport är en bilaga till huvudrapporten
”Biopåse för matavfall”

Biobag for food waste

Environmental assessment

David Palm
Mathias Gustavsson
Jenny Lexén
Kristian Jelse

Projektnummer WR-51
År: 2013

WASTE REFINERY
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.wasterefinery.se
wasterefinery@sp.se
ISSN 1654-4706

Sammanfattning

Insamling av matavfall sker idag främst genom papperspåse, plastpåse och köksavfallskvarn. Framförallt insamlingen med papperspåse har negativa sidor för användaren medan plastpåsen istället ger problem i behandlingsledet. Att ersätta dem med en nedbrytbar biopåse ger potentiellt stora fördelar. Utvecklingsbehovet av förnyelsebara påsar har ansetts som röttningsanläggningarnas främsta (Henriksson 2010). I detta projekt studeras en biopåse gjord på MaterBi, som är ett delvis förnyelsebart material (från majs/potatis och solros), dolomit och stearinsyra.

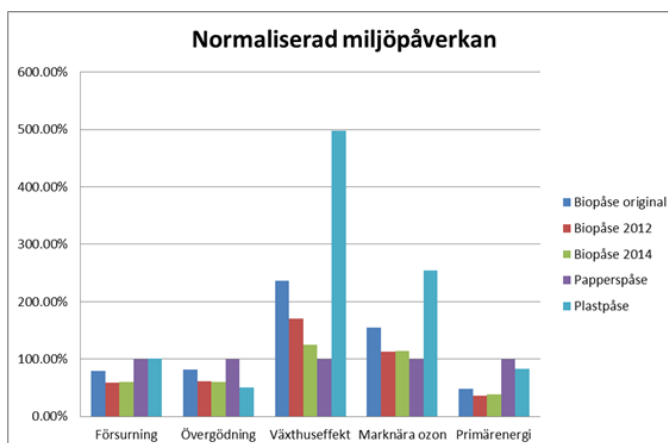
Målet med miljöbedömningen är att beräkna och jämföra miljöpåverkan kopplat till Biopåse gjord på:

- MaterBi CF05S (48% förnyelsebar råvara) (original)
- 69% MaterBi (48% förnyelsebar råvara), 30% dolomit och 1% stearinsyra (2012)
- 69% MaterBi (73% förnyelsebar råvara), 30% dolomit och 1% stearinsyra (2014)

och

- Papperspåse baserad på Svecos papperspåse
- Plastpåse baserad på europeisk HD-PE

Resultaten ses i figuren och visar att Biopåse 2012/2014 har lägst påverkan på förurning, lägst primärenergianvändning medan papperspåsen har lägst påverkan på växthuseffekt och marknära ozon. Plastpåsen har något lägre resultat på övergödning jämfört med Biopåsen 2012/2014.



I det system där matavfallspåsarna har sin funktion visar resultaten att påverkan från påsarna i sig är liten. Papperspåsen har idag för växthuseffekt något bättre prestanda än biopåsen, men potentialen för utveckling är fortfarande god för biopåsen. Samtidigt har enkätstudier inom projektet visat att biopåsen ger en bättre användarfunktion än papperspåsen. Om biopåsen kan bidra till en ökad sortering av matavfall kommer miljövinsten av det ökade utsorterade matavfallet vida överstiga skillnaderna i miljöpåverkan från produktion av påsarna.

Viktiga parametrar för en bra Biopåse är:

- fungerar i behandlingssystemen
- har en fortsatt ökad mängd förnybart material med målet 100% förnybart
- har en dolomit av hög kvalitet, dvs med låga spårvärden för Cd och övriga metaller
- har en spårbar och transparent leverantörskedja för ingående råvaror

Denna studie visar att andelen förnybart i biopåsar är kritiskt för miljöpåverkan och att det är det som företagen måste fortsätta arbeta med om de ska tillhandahålla denna produkt.

Nyckelord: Matavfall, Biopåse, papperspåse, plastpåse,

Summary

Collection of food waste is in Sweden currently most commonly done with paper bags, plastic bags or a food waste disposer. Collection with paper bags have a number of negative aspects for the user while plastic bags create problems in the food waste treatment systems. Replacing the bags with a degradable biobag can potentially have great advantages. The development of renewable food waste bags have been identified by anaerobic digester facilities as a main priority. This project investigates a bag containing MaterBi, which is a partially renewable material (corn/potato and sunflower), dolomite and stearic acid.

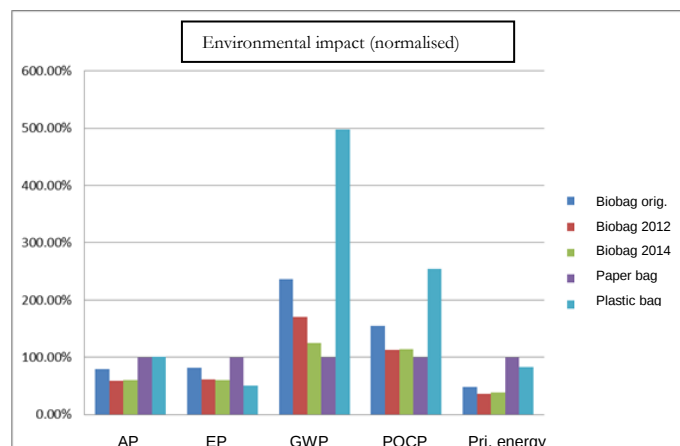
The goal of the environmental assessment is to calculate and compare the environmental impact from a biobag made from:

- MaterBi CF05S (48% renewable content) (original)
- 69% MaterBi (48% renewable content), 30% dolomite, 1% stearic acid (2012)
- 69% MaterBi (73% renewable content), 30% dolomite, 1% stearic acid (2014)

and

- Paper bag partially based on Svencos paper bag
- Plastic bag based on European HD-PE

Results are shown in the figure and shows that Biobag 2012/2014 has the lowest impact on acidification and the lowest primary energy use while the paper bag has the lowest global warming potential and ground level ozone. The plastic bag has the lowest eutrophication potential, slightly lower than the biobag 2012/2014.



In the food waste collection system, the environmental impact from the collection bags themselves is small. The paper bag have a lower effect on global warming but the potential for development of the Biobag is high. Together with the fact that surveys within the project have shown that the biobag is more user friendly than its paper counterpart. If the biobag can aid increased collection of food waste, the environmental benefits will be much higher than the environmental impact from the production of bags.

Important parameters for the biobag are:

- Functional within food waste treatment processes
- Have an increasing amount of renewable material aiming for a renewable product
- Have a dolomite of a high quality with low traces of cadmium and other metals
- Have a traceable and transparent supply chain for product raw materials

This study shows that the renewable content in the biobag is key for the environmental impact and that this should be the focus of biobag producers.

Keywords: Food waste, biobag, paperbag, plasticbag

Innehållsförteckning

1	INLEDNING (ÖVERGRIPANDE FÖR PROJEKTET)	9
1.1	PROBLEMBESKRIVNING	9
1.2	SYFTE OCH MÅL	9
1.3	AVGRÄNSNINGAR	10
2	BAKGRUND	11
3	LIVSCYKELANALYS	13
3.1	MÅL	13
3.2	FUNKTIONELL ENHET	14
3.3	SYSTEMGRÄNSER	14
3.4	MILJÖPÅVERKANSKATEGORIER	16
3.5	JÄMFÖRELSE AV SYSTEM	17
3.6	TOLKNINGSANALYSER	17
3.7	LIVSCYKELINVENTERING	18
4	KVALITATIV BEDÖMNING AV MARKANVÄNDNING	23
4.1	ÖKAD KONKURRENS OM BIOMASSAN	24
4.2	RESULTAT – BEHOV AV MARK FÖR TÄCKANDE AV STÄRKELSE BEHOV	25
4.3	DISKUSSION	27
5	VATTENÅTGÅNG VID PRODUKTION AV PÅSAR	29
6	RESULTATREDOVISNING	30
6.1	RESULTAT FÖR SAMTLIGA MILJÖPÅVERKANSKATEGORIER, NORMALISERAT	30
6.2	RESULTAT FÖR VÄXTHUSEFFEKT UPPDELAT PÅ LIVSCYKELFAS	31
6.3	RESULTAT FÖR FÖRSURNING UPPDELAT PÅ LIVSCYKELFAS	32
6.4	RESULTAT FÖR ÖVERGÖDNING UPPDELAT PÅ LIVSCYKELFAS	34
7	RESULTATANALYS	36
8	SLUTSATSER	42
9	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	44
10	REFERENSER	45

1 Inledning (övergripande för projektet)

1.1 Problembeskrivning

Insamling av matavfall till rötning sker idag främst med två system, papperspåse i luftat system alternativt plastpåse i optibag-system. Insamling med papperspåse har klara brister ur användarsynpunkt med hållfasthetsproblem och genomblötning (Henriksson 2010) och vid insamling med plastpåse föreligger risken att plastpartiklar följer med in i rötningen med förorening av rötresten som följd samt en risk för driftsproblem (Bohn et al 2010). Att använda en nedbrytbar påse av bioplast skulle kunna lösa båda dessa problem. Tidigare bioplastpåsar har i själva verket ofta varit för svårnedbrytbara för att hanteras i rötning (Borås Energi & Miljö 2012, UMEVA 2011).

1.2 Syfte och mål

Projektets syfte är att undersöka huruvida det går att ta fram en bioplastpåse med kalkinblandning för insamling och rötning av matavfall med följande egenskaper:

- Användarvänlig, utan risk för nedbrytning i användarledet
- Nedbrytbar i rötningsskammare
- Godkänd som del av rötrest enligt SPCR 120
- Hanterbar inom befintlig förbehandling där så sker
- Miljöprestanda över hela livscykeln motsvarande eller bättre än motsvarande produkter som papperspåse och plastpåse.

Projektets mål är att:

- Genomföra insamling av matavfall med biopåse (ca 300 000 påsar) för att undersöka eventuell nedbrytning i insamlingsskedet och andra användarrelaterade problem
- Undersöka biopåsens påverkan på och av förbehandling
- Undersöka biopåsens rötbarhet med olika kalkinblandningar (20-60 % kalk)
- Undersöka miljöprestanda över hela livscykeln för biopåsen jämfört med papperspåse och plastpåse med avseende på övergödning, förurning, växthuseffekt samt energi.
- Undersöka eventuell markanvändningsproblematik då jordbruksmark används för annat än matproduktion

Ett övergripande mål är hitta en bättre produkt för insamling av matavfall ur såväl användarnas, anläggningsägarnas som rötrestmottagarnas perspektiv. Målet är att tydligt visa på för- och nackdelar med biopåsen jämfört med befintliga alternativ.

Målgruppen för projektet är:

- Organisationer som bedriver insamling och (för-)behandling av matavfall
- Röttningsanläggningsägare
- Producenter av utrustning för insamling av matavfall

1.3 Avgränsningar

Miljöpåverkansbedömningen begränsas till att inkludera försurning, övergödning, växthuseffekt, energi samt markanvändning från produktion av insatsmedel till rötat matavfall och användning av rötrest. Fokus kommer att ligga på produktion av biopåsen samt de vanligaste alternativen för matavfallsinsamling. Parametrar såsom geografisk placering av produktion av biopåsen och olika möjliga råvaror kommer att hanteras inom ramen för livscykelanalysen

2 Bakgrund

Insamling av matavfall sker idag främst genom papperspåse, plastpåse och genom köksavfallskvarn. Insamling med papperspåse kan ha negativa sidor för användaren i form av lukt, insekter och invecklat handhavande samt vid tömning problem med fastfrysning i kärlet medan insamling i plastpåse har flera fördelar i användarledet (Henriksson 2010). Plastpåsar ger dock istället problem i behandlingsskedet då plastmaterialet fastnar i pumpar, propellrar och liknande (Henriksson 2010).

Att ersätta plast- och papperspåse med biopåsen ger potentiellt stora miljöfördelar i insamlingsledet. Hygien och arbetsmiljö kommer att påverka både hushållet, verksamheten och insamlingsentreprenören positivt och skapa goda förutsättningar för en förbättrad allmänmiljö. I Henriksson (2010) anger rötningsanläggningarna att det främsta utvecklingsbehovet är påsar av förnyelsebart material.

En minskad andel plast i matavfallet kommer på sikt att ge bättre förutsättningar för störningsfri drift i förbehandlingen och en förbättrad substratkvalitet kommer att få positiva effekter på biogasrötningen och rötrestens möjlighet att få biogödselstatus enligt SPCR 120.

NSR och NÅRAB har i samarbete med GAIA (som bidrog med biopåsar av ett värde på 300kSEK) genomfört en studie på 900 villor där matavfall samlats in med en biopåse som ersättning för insamling med papperspåse. Studien pågick i åtta veckor och hushållen var till över 90 procent nöjda med matavfallsinsamling med biopåsen.

NSR och NÅRAB intresserar sig i biopåsen då den kan ge både nöjdare kunder och lägre livscykelkostnader för insamling (möjliggör 14-dagarshämtning), förbehandling (minskat rejekt) och rötning (större mängder biomaterial) och ville därför genom ett Waste Refinery-projekt både gå vidare med att utreda möjligheter för biopåsen och att sprida kunskapen till övriga avfalls-Sverige.

Tidigare försök att ersätta plast- och papperspåse har gjorts i slutet av 90-talet med dåligt resultat. En blandning av polyeten och majsstärkelse (50/50) i soppåsen skulle behålla plastpåsens fördelar gent emot papperspåsen och samtidigt förbättra miljön genom att bidra med en minskning av växthusgaser. Påsarna gav i regel störningar vid förbehandling och rötning då de inte bryts ned utan fastnar i anläggningarnas rörliga delar.

En traditionell biopåse har liknande problem som plastpåsen i form av driftsstörningar då den inte bryts ned tillräckligt snabbt. Att blanda in dolomit i biopåsen ger en snabbare nedbrytning och ett optimum där biopåsen inte bryts ned i insamlingsledet utan i förbehandlings och rötningssteget eftersöks i detta projekt. Möjligheten att styra biopåsens nedbrytningshastighet genom olika kalkinblandningar gör att biopåsens hållbarhet kan anpassas för optimal användning i olika insamlings och förbehandlingssystem i olika delar av landet.

Att introducera en ny typ av påse för insamling av matavfall ställer krav på att tillverkning och användning av en sådan påse inte bidrar till en ökad miljöpåverkan genom till exempel ökade koldioxidutsläpp. Flera studier på området har gjorts där t ex Liptow och Tillman

(2009) har jämfört bioplast av stärkelse från sockerrör och plast från råolja. Där konstaterades att utan hänsyn till markanvändning ger bioplasten klart lägre växthusutsläpp än den fossila plasten medan om omvandling av regnskog till åkermark inkluderas blev växthusutsläppen jämförbara för båda produkterna. Studien är dock inte representativ för biopåsen som ska studeras i detta projekt då råvaran till bioplasten kommer från majsstärkelse som i regel har större utsläpp vid produktion men lägre från markanvändning. IVL har tidigare genomfört liknande jämförande studier av plast och papperspåsar (Eriksson et al 2009) där papperspåsen visade sig vara bättre ur klimatsynpunkt än plastpåsen.

Det finns även studier på produkter där kalk blandats in i plastförpackningar och jämförts med pappers- och plastförpackningar (Franklin Associates 2011) där produkterna med kalkinblandning är miljömässigt bättre för energi, avfall, vatten och växthuseffekt. Det saknas dock idag jämförande studier på bioplastpåsar med kalkinblandning och de alternativa produkterna papperspåse respektive plastpåse.

3 Livscykelanalys

Miljöbedömningen görs främst som en bokförings-livscykelanalys (attributional LCA) med systemutvidgning för användning av gas och rötrest från rötning samt el och värme från avfallsförbränning.

Studien är gjord i enlighet med ISO 14044 med undantag för granskning av oberoende panel varför resultaten inte ska användas för miljökommunikation gällande en specifik produkt.

3.1 Mål

Målet med studien är att beräkna och jämföra miljöpåverkan kopplat till påsarna för matavfallsinsamling listade i Tabell 1. Biopåse original och 2012 är baserat på existerande produkter och till stor del specifika data, Biopåse 2014 är baserat på mest troliga produkt som sätts till marknaden. Papperspåse är baserad på Svencos matavfallspåse som används i Göteborg med delvis generella produktionsdata och delvis produktspecifika data.

Figur 1. Tabell 1 Studerade påsar för matavfallsinsamling

Produkt	Vikt	Volym*	Kommentar
Biopåse original 100% MaterBi CF05S	8g	7L	MaterBi CF05S består till 48% av majsstärkelse och solrosolja. MaterBi producerat i Italien, konvertering i Sverige.
Biopåse 2012 69% MaterBi CF05S-48, 30% Dolomit, 1% stearinsyra	8g	7L	MaterBi CF05S består till 48% av majsstärkelse och solrosolja. MaterBi producerat i Italien, konvertering i Sverige.
Biopåse 2014 69% MaterBi X-73 ¹ , 30% Dolomit, 1% stearinsyra	8g	7L	MaterBi CF05S ersätts under nästa år av en ny kvalitet som består till 73% av förnybara råvaror. Stärkelsen här är baserad på potatis.
Papperspåse 100% oblekt kraftpapper	19g	6L**	Svenskproducerat papper, konverterat till påse i Sverige
Plastpåse 100% HD-Polyeten	12g	7L	Jungfrulig Europeisk HD-PE, konverterad till påse i Europa.

*Förslutningsbar volym, eget försök

**Påsens volym till angiven fyllnadsnivå är 7L, men innehållet måste tryckas ihop till 6L för att förslutning ska vara möjlig.

Resultatet från studien avser att ge en bild av miljöprestanda av olika insamlingspåsar för matavfall i en svensk kontext.

¹ Produktnamn saknas i dagsläget då produkten endast finns i pilotskala.

3.2 Funktionell enhet

För att korrekt jämföra matavfallspåsarnas funktion används den funktionella enheten ”insamling och transport av en (1) matavfallspåse till rötning för biogasproduktion i en Svensk kommun”

3.3 Systemgränser

Systemgränserna har satts för att täcka in alla relevanta processer där matavfallspåsarna jämförs. Fokus har varit på att göra systemen jämförbara och på att täcka in alla signifikanta delar av livscykeln. Uppdelningen har gjorts på ett sådant sätt att metodiken för bokförings-LCA uppfylls med undantag för systemutvidgning för ersättning av mineralgödsel, fossila fordonsbränslen, el och värme.

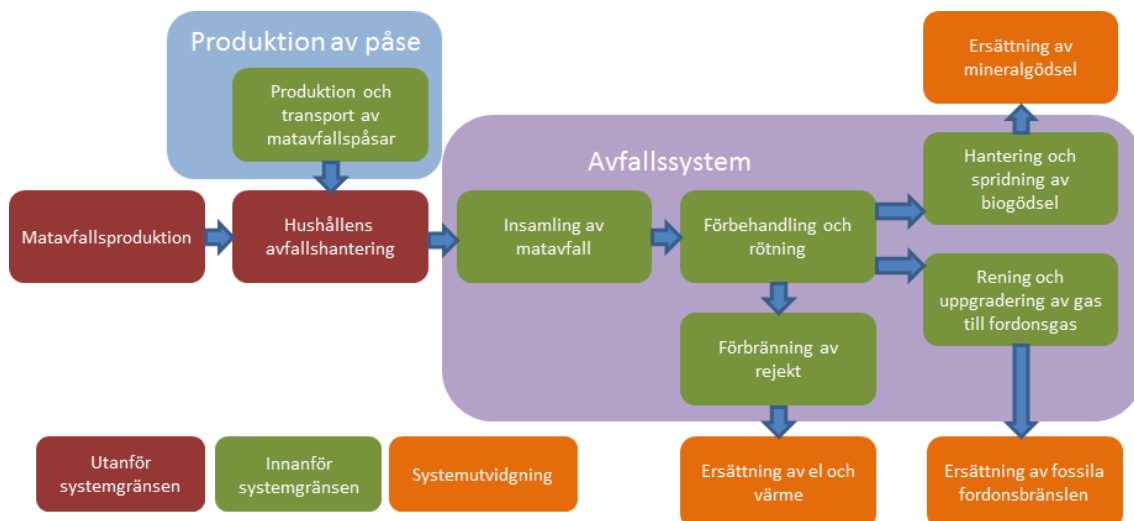
Studien täcker hela livscykeln för produkterna, från skogsbruk, oljeutvinning, mineralbrytning eller odling av majs/potatis/solrosor till avfallshanteringen. Gränsen mellan naturen och produkternas livscykel korsas när material, som t ex råolja, utvinns från jorden och när utsläpp sker till mark, luft och vatten. I några fall har flöden inte kunnat följas helt till vagga eller grav. Dessa flöden finns listade i 3.7.5.

Studien inkluderar matavfallspåsar som används i en svensk kommun och svenska förhållanden har därför valts för insamlings och behandlingsprocesser. Endast påsar för hushållens matavfall har studerats². Papperspåsen produceras i Sverige med svenskt papper (Wallin 2012, Ramberg 2012); produktion av plastpåsen har antagits ske i Europa medan Biopåsen kommer att produceras i Sverige med råmaterial från Italien och Norge. Elkonsument har valts till respektive lands konsumtionsmix.

För att sätta de jämförda produkterna i relation till omvärlden inkluderar flera resultat 1,1 kg matavfall i påsarna. Denna mängd är baserad på en mindre studie av deltagarna i miljöbedömningen själva vägt matavfallspåsar i papper innan de slängts och ska inte ses som ett nödvändigtvis representativt värde. Samma mängd används för samtliga påsar och avser endast att sätta miljöpåverkan från påsarna i perspektiv av den funktion de fyller i enlighet med ISO 14044.

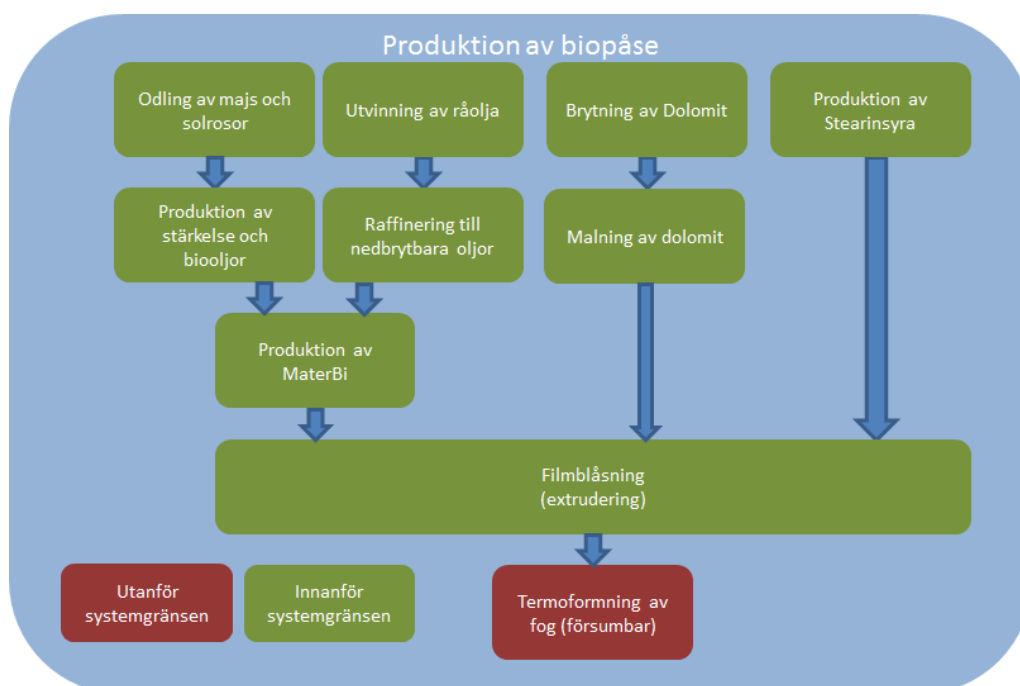
För att erhålla ett så aktuellt resultat som möjligt har nyast möjliga data använts och där så varit möjligt har resultat från Waste Refinery projektet Perspektiv på framtida avfallsbehandling använts för att uppdatera data. Växthuseffekten har studerats i ett 100-års perspektiv och biogen koldioxid har nollräknats.

² I projektet har även påsar för verksamheter studerats, men dessa ingår inte i livscykelanalysen.

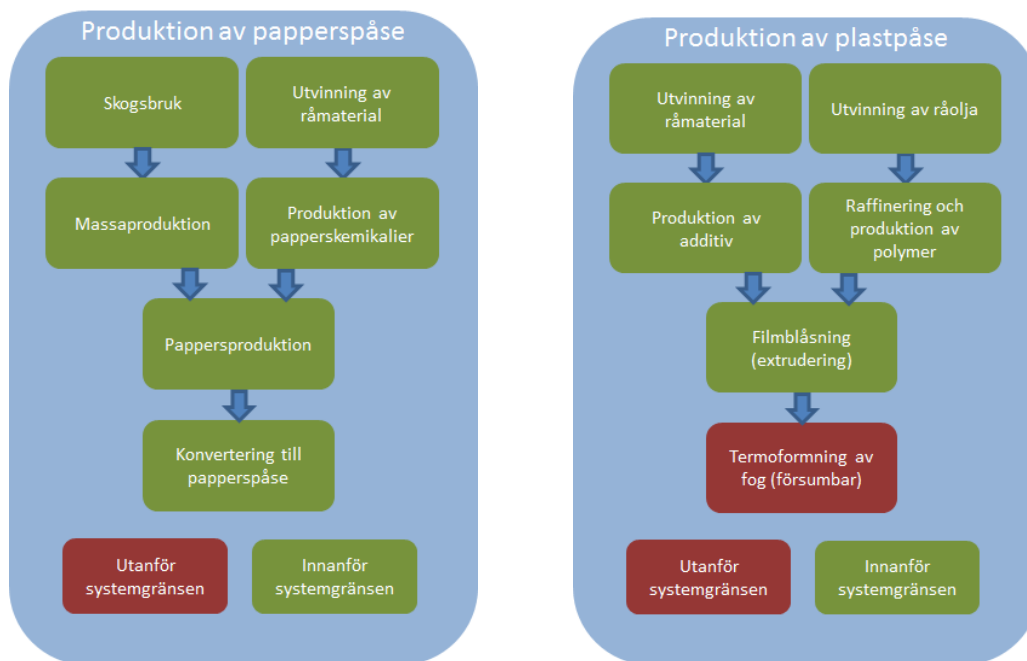


Figur 2. Generella Systemgränser

Livscykeln har delats upp enligt Figur 2 i produktion av påse, avfallssystem och systemutvidgning. Transporter och energiproduktion är inkluderat i systemet. Detaljerade systemgränser för produktion av Biopåse ses i Figur 3 och av pappers- och plastpåse i Figur 4. För Biopåse Original är dolomit och stearinsyra ej inkluderat.



Figur 3. Systemgränser för produktion av biopåse



Figur 4. Systemgränser för papperspåse respektive plastpåse

3.4 Miljöpåverkanskategorier

Miljöpåverkan av systemet beräknas för växthuseffekt, försurning, övergödning och marknära ozon, se Tabell 2. Karaktäriseringsfaktorer från metoden CML2001 version November 2010 har använts för att omvandla utsläpp till dessa miljöpåverkanskategorier.

Figur 5. Tabell 2 Miljöpåverkanskategorier som används i studien

Miljöpåverkanskategori	Karaktäriseringsfaktor CML2001-Nov 2010	Enheter ³
Växthuseffekt	GWP, 100 år	kg CO ₂ -ekvivalenter
Försurning	AP	kg SO ₂ -ekvivalenter
Övergödning	EP	kg PO ₄ ³⁻ -ekvivalenter
Marknära ozon	POCP	kg C ₂ H ₄ -ekvivalenter

Utöver miljöpåverkanskategorierna beräknas och presenteras även primärenergi. Markanvändning hanteras genom en kvalitativ bedömning, se **Error! Reference source not found. Error! Reference source not found..** Toxicitet har inte bedömts inom ramen för studien. Livscykelanalysmetodiken för toxicitet är fortfarande under utveckling och toxicitetsbedömningar medför ännu mycket stora osäkerheter.

Resultaten från de olika miljöpåverkanskategorierna aggregeras i denna studie inte ned till ett jämförbart värde genom viktning. Denna bedömning lämnas till läsaren.

³ CO₂ = koldioxid; SO₂ = svaveldioxid; PO₄³⁻ = fosfat; C₂H₄ = eten.

3.5 Jämförelse av system

Produktspecifikationer, systemgränser, funktionell enhet, m.m., har valts för att systemen ska vara jämförbara i en svensk kontext. För en mer komplett jämförelse har även matavfall inkluderats i studien samt undvikta utsläpp till följd av ersatt energi och material.

Följande parametrar har identifierats som möjliga problem för en rättvis jämförelse av de studerade systemen:

- Biopåsen är en produkt under utveckling vilket gör att den slutliga produkten som sätts till marknaden kommer skilja sig från den som studerats i projektet
- Biopåsens hantering i insamlings- och behandlingssystem är ännu inte fullt klarlagt medan papperspåse och plastpåse hanterats i flera år.
- Distribution av matavfallspåsar till slutanvändare skiljer sig åt i de svenska kommunerna. Det sker vid insamling av avfall; med separat utkörning; via brevbärare och genom avhämtning i butik. Beroende på om transporten är volyms-, vikts- eller obegränsad påverkas systemets miljöprestanda.
- Vattenavgången skiljer sig mellan de studerade påsarna vilket påverkar insamlingstransporter och faktisk insamlad mängd matavfall-torrsubstans
- Påsarna skiljer sig i användarledet vilket kan påverka insamlade mängder och renhet på insamlat matavfall

3.6 Tolkningsanalyser

För att säkerställa robusta resultat har ett flertal tolkningsanalyser genomförts.

3.6.1 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys analyserar kritiska antaganden för att svara på frågan: *Är resultaten giltiga även med andra antaganden?* Följande parametrar har studerats som känslighetsanalys:

- Produktionsland för biopåsen. I grundfallet antas biopåsen konverteras i Helsingborg. I denna känslighetsanalys undersöks istället produktion vid Novamonts fabrik i Terni, Italien.
- Produktionsland för pappret i papperspåsen. I grundfallet produceras pappret i papperspåsen i Sverige. I denna känslighetsanalys används istället genomsnittlig europeisk produktion.
- Vattenavgång från matavfall. I grundfallet antas 40% torrsubstans i matavfallet. I denna känslighetsanalys studeras 20% torrsubstans för papperspåsen, 40% för biopåsen och 60% för plastpåsen
- Påsarnas vikt. I denna känslighetsanalys varierar vikten på påsarna med 10% upp och ner för att se betydelsen av storlek på påsen.
- Distribution av matavfallspåse till slutanvändare. Distribution via avfallinsamlingsfordon har antagits och ingen extra energi har inkluderats. En analys genomförs då en mindre distributionsbil levererar påsar.
- Råvara plastpåse. I grundfallet är plastpåsen gjord på 100% jungfrulig plast. I denna känslighetsanalys studeras en påse gjord på 100% återvunnen plast.
- Antal påsar som används. Projektets enkät till hushållen som testat biopåsen visar att 58 % av hushållen upplever sig använda färre biopåsar än papperspåsar. 48 % uppgav att de ofta använde dubbla papperspåsar och ytterligare 31 % gjorde detta

sällan medan restande aldrig gjort det. En analys görs där antalet papperspåsar ökar med 50 %. Det är inte säkert att antalet papperspåsar är 50 % fler men analysen indikerar hur miljöprestandan ser ut om fler papperspåsar används.

- Föroreningar i matavfall. Plockanalyser genomfördes i Närke testområde för Biopåsen för och under testperioden. Renheten på matavfallet var 95 % med papperspåsen och 97 % med Biopåsen. Slutsatsen här blir att renheten är ungefär oförändrad varför ingen känslighetsanalys genomförs.

3.6.2 Kontroll av fullständighet

En kontroll av fullständighet genomförs för att svara på frågan: *Har de identifierade dataluckorna en potentiellt signifikant påverkan på resultatet och slutsatserna?* Dataluckorna studeras genom att en trolig miljöpåverkan kopplas till dem och slutsatser dras huruvida de har en noterbar påverkan på systemet.

3.6.3 Kontroll av överensstämmelse

En kontroll av överensstämmelse genomförs för att svara på huruvida modellering och metodik är lämpliga för mål och omfattningen av studien. Analysen är främst kvalitativ och diskuterar de identifierade problemen i 3.5 Jämförelse av system.

3.6.4 Dominansanalys

Dominansanalysen undersöker vilka livscyklifaser som har den största påverkan på slutresultatet. Produktsystem och miljöpåverkanskategorier studeras och diskuteras separat.

3.7 Livscykelinventering

Detta avsnitt beskriver datainsamling, modellering och resultatet av livscykelinventeringen. Data är insamlat från flera olika källor och i flera fall justerad för att på bästa sätt beskriva system i rätt kontext. Specifika data har använts i största möjliga mån och har kompletterats av databasdata och litteratur.

Modellering och beräkningar är gjorda i LCA mjukvaran GaBi 6 Professional.

3.7.1 Matavfallssystemet

3.7.1.1 Insamling

Insamling av matavfall är baserat på uppskattat energimängd per insamlat matavfall enligt Börjesson mfl (2010) och en 14-tons-diesel-lastbil (PE International 2006). I grundfallet har inga antaganden gjorts kring vattenavgång till följd av olika vattenavgång för de olika påsarna⁴.

Insamlingen av matavfall är placerad i Gränna, då det är med samma avstånd till Helsingborg där Biopåsen produceras och till Stockholm där Svenco producerar papperspåsen för att inte ge någon påse en geografisk fördel.

⁴ En Polyetenpåse har en vattenavgång genom materialet på ca 20g per m² och dygn; en biopåse har ca 1200g/m²/dygn och en papperspåse ca 2500g/m²/dygn (Billerud).

3.7.1.2 Förbehandling och rötning

Förbehandling och rötning är baserat på Ecoinvent centre (2007) med flera justeringar. Förbehandlingen ger 15% rejekt baserat på NSRs anläggning (Jacobsson, 2012) och använder 30kWh el per ton matavfall vilket är medeltal för svenska förbehandlingsanläggningar (Holmström m fl 2012). Rötningen förbrukar 31 kWh värme från träflis och 20kWh el (Jacobsson, 2012, Holmström m fl 2012). Metanutsläppet är satt till 1% av total producerad metan (Holmström m fl 2012). I grundfallet går 100 % av alla matavfallspåsar till rejektet och bränns. Detta då biopåsen i av JTI utförda rötningstester ej visat sig bidra till metanproduktionen vid rötning och därmed bör gå till förbränning. En viss nedbrytning sker för potatisbaserad biopåse varför någon procent biopåse i rötningsskammaren inte bör påverka processen negativt. Förbehandlingstester på NSR visade att ca hälften av biopåsarna återfinns i rejektet men även att en stor del fastnat i anläggningen och antagandet blir därför att endast små mängder når rötningen.

3.7.1.3 Rejekt

Rejektet går till avfallsförbränning baserad på Ecoinvent centre (2007) och ersätter svensk fjärrvärme (medeltal för alla svenska fjärrvärmenät) och svensk konsumtionsel. I grundfallet går 100% av alla matavfallspåsar till rejektet och bränns. Detta då biopåsen i av JTI utförda rötningstester ej visat sig bidra till metanproduktionen vid rötning och därmed bör gå till förbränning. En viss nedbrytning sker för potatisbaserad biopåse varför någon procent biopåse i rötningsskammaren inte bör påverka processen negativt.

3.7.1.4 Biogas

Rågasen uppgraderas och trycksätts till fordonsgas med 96% metaninnehåll (Ecoinvent centre 2007). Metanutsläppet är satt till 1% av uppgraderad gas. Fordonsgasen ersätter 50% bensinbilar (EURO5) och 50% dieslbilar (EURO5) baserat på fordonskilometer⁵.

3.7.1.5 Biogödsel

Biogödseln ersätter mineralgödsel med transporter, direkta och indirekta effekter samt NPK-innehåll enligt Börjesson m fl (2010).

3.7.2 Biopåse

Biopåsen är studerad i tre olika versioner: Original, 2012 och 2014. Originalen påminner om den biopåse som används idag medan 2012 har 30 % inblandning av dolomit och är den som ska undersökas praktiskt i projektet. Ingen av dessa påsar är dock tänkta för serieproduktion då den MaterBi som används idag, med 48 % förnybart material, ersätts med ett MaterBi-material som idag endast finns i pilotskala där mängden förnyelsebart är 73% (Biopåse 2014). På sikt kommer den förnyelsebara delen vara 100 % vilket idag finns i laboratorieskala. MaterBi är komposterbar enligt EN13432. Under projektets gång har det visat sig finnas leverantörer med 100% förnyelsebar polyester. Dessa har dock inte lämnat ut några produktionsdata och dessa alternativ har därför inte studerats. Den del som idag är fossil i Novamonts produkt är en nedbrytbar polyester som succesivt byts ut mot en nyutvecklad förnyelsebar, nedbrytbar polyester (Degli Innocenti 2012). Dolomiten förutsätts vara noga utvald för låga spårämnen av Cd och andra föroreningar.

⁵ Genom att fordonskilometer jämförs snarare än energimängd inkluderas även verkningsgraden av bränslet i fordonen

3.7.2.1 Biopåse original

Biopåse original består till 100% av MaterBi CF05S-48. En liknande påse säljs i Sverige av Biobag (dock med okänd MaterBi-blandning) och används i nuläget av flera svenska kommuner för insamling av matavfall från verksamheter (Biobag 2012). Påsen är komposterbar och nedbrytningsbar men ej lämplig för rötning. Biopåse original väger 8g.

3.7.2.2 Biopåse 2012

Biopåse 2012 består av 69% MaterBi CF05S-48, 30% Dolomit från Norsk Hydro och 1% stearinsyra (Rosén 2012). Det är den påse som tas fram inom detta projekt. Påsen är komposterbar och nedbrytningsbar och utvärderas för rötning i detta projekt. Biopåse 2012 väger 8g.

3.7.2.3 Biopåse 2014

Biopåse 2014 består av 69% MaterBi X-73, 30% Dolomit från Norsk Hydro och 1% stearinsyra (Rosén 2012). Det är den påse som mest sannolikt sätts i produktion. Påsen är komposterbar och nedbrytningsbar. Biopåse 2014 väger 8g.

3.7.2.4 Produktion av råvaror

MaterBi CF05S-48 är ett bioplastgranulat som tillverkas av Novamont i Terni, Italien. Det består till 48% av förnyelsebara råvaror varav största delen är stärkelse från majs och olja från solros odlade i Italien (Razza 2011, Degli Innocenti 2012). Övriga råvaror är främst naturgas och olja. MaterBi CF05S är komposterbar enligt EN 14995, ISO 17088, EN 13432 och ASTM D6400 (Razza 2011).

MaterBi X-73 är nästa generations bioplastgranulat med 73% förnyelsebara råvaror bestående av stärkelse från majs eller potatis och olja från solros. Delar av den i CF05S-48 fossilt baserad nedbrytbara polyestern är här utbytt mot en förnyelsebar motsvarighet. MaterBi X-73 finns i dagsläget endast i pilotskala, men går i produktion under 2013 (Razza 2012). I modellen har alternativet med potatisstärkelse valts. Detta är den produkt som är närmast en produkt som sätts till marknaden.

Dolomit bryts i Hammerfall, Norge och mals till 1 μ m. På grund av bristande dataunderlag för miljöpåverkan från dolomit mald till 1 μ m valdes istället kalksten som modellsubstans då kalksten har liknande miljöpåverkan i samma kornstorlek och data på malning av kalksten till 1 μ m finns (PE International 2006).

Stearinsyra är i modellen antaget som en genomsnittlig europeisk fettsyra från Ecoinvent (Ecoinvent Centre 2007).

3.7.2.5 Konvertering

Konvertering antas ske i Helsingborg genom extrusion av en blandning av MaterBi, dolomit och stearinsyra. Extrusionen är baserad på extrusion av plast (Ecoinvent centre 2007) med ca 0,7kWh el per kg biopåse. Energiförbrukningen vid extrusion av MaterBi är bekräftad av Razza (2012). Termoformningen av biopåsens fog är inte inkluderad då energiåtgången är försumbar.

3.7.2.6 Transporter

Transportavstånd, fordonstyp och lastgrad relaterat till biopåsen ses i Tabell 3.

Figur 6. Tabell 3 Transporter Biopåsen

Material	Sträcka	Avstånd [km]	Fordon	Lastgrad
Dolomit	Hammerfall-Helsingborg	1665	Eurotrailer	60%*
MaterBi	Terni-Helsingborg	1850	Eurotrailer	85%**
Biopåse	Helsingborg-Gränna	280	Eurotrailer	85%**

*Nätverket för transporter och miljö (NTM) rekommenderar 60% lastgrad för lastbilstransporter då faktisk lastgrad är okänd

**Här antas transport ske med DB, DHL eller liknande vilka i regel har 85% lastgrad

3.7.3 Papperspåse

Papperspåsen består av våtstarkt oblekt kraftpapper (Hansson 2012b). Papperspåsen är komposterbar enligt EN13432. Papperspåsen väger 19g.

3.7.3.1 Produktion av våtstarkt papper

Papperspåsen består av oblekt sulfatmassa från långfibrig ved och kemikalier såsom alun, stärkelse och hartslim. Produktionen är baserad på Ecoinvent centre (2007) och anpassad till svenska förhållanden. Fyllmedel förutsätts vara noga utvald för låga spårämnen av Cd och andra föroreningar.

3.7.3.2 Konvertering

Konvertering sker i Sverige men då data på konvertering saknas⁶ har en uppskattning gjorts för en svensk konvertering av vätskekartong baserat på Ecoinvent Centre (2007) där ej relevanta insatsvaror exkluderats och energiförbrukningen halverats.

3.7.3.3 Transporter

Transportavstånd, fordonstyp och lastgrad relaterat till papperspåsen ses i Tabell 4. Transporter relaterade till pappersproduktionen är inkluderade men särredovisas ej.

Figur 7. Tabell 4 Transporter papperspåsen

Material	Sträcka	Avstånd [km]	Fordon	Lastgrad
Papper	Gävle-Stockholm	170	Eurotrailer	85%*
Papperspåse	Stockholm-Gränna	280	Eurotrailer	85%*

*Här antas transport ske med DB, DHL eller liknande vilka i regel har 85% lastgrad

3.7.4 Plastpåse

Plastpåsen består av High-Density polyeten (HDPE). Den är inte nedbrytbar och inte komposterbar. Plastpåsen väger 12g.

3.7.4.1 Produktion av plast

Produktion av HD-PE granulat är ett genomsnitt av europeisk produktion (Plastics Europe 2007). Råvarukällan är fossil och jungfrulig.

3.7.4.2 Konvertering

Konvertering till plastpåse sker genom extrudering baserad på Ecoinvent Centre (2007). Termoformningen av plastpåsens fog är inte inkluderad då energiåtgången är försumbar.

⁶ Svenco är i processen att ta fram data men har ännu inte kunnat leverera.

3.7.4.3 Transporter

Transportavstånd, fordonstyp och lastgrad relaterat till plastpåsen ses i Tabell 5. Transporter relaterade till plastproduktionen är inkluderade men särredovisas ej.

Figur 8. Tabell 5 Transporter plastpåsen

<i>Material</i>	<i>Sträcka</i>	<i>Avstånd [km]</i>	<i>Fordon</i>	<i>Lastgrad</i>
Plastpåse	Frankfurt*-Gränna	1180	Eurotrailer	85%**

*Frankfurt ligger mitt i Europa och representerar då ett medelavstånd.

**Här antas transport ske med DB, DHL eller liknande vilka i regel har 85% lastgrad

3.7.5 Kända dataluckor

Följande dataluckor i livscykelinventeringen är kända. Deras betydelse för studien analyseras i 7.1.2 Kontroll av fullständighet.

- Förpackning till matavfallspåsarna. Ingen förpackning har inkluderats
- Energiförbrukning vid termoformning av fog på biopåse och plastpåse. Ingen energiförbrukning har inkluderats.

3.7.6 Allokering

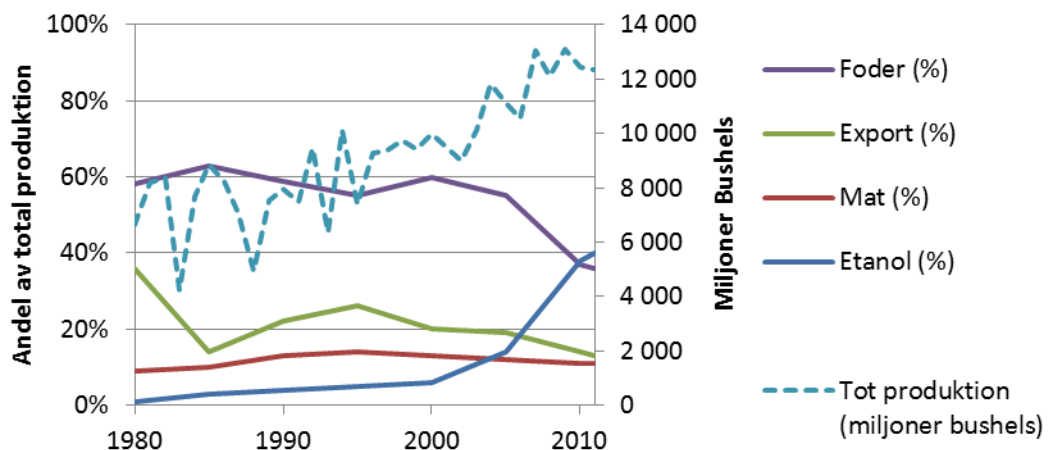
I produktionen av kraftpapper har all miljöpåverkan allokerats till pappret.

4 Kvalitativ bedömning av markanvändning

Utifrån antaganden om typiska landarealer för produktion av majs respektive potatis beräknas den yta som krävs för att täcka råvarubehovet för att producera Sveriges behov av biopåsar under ett år. Resultatet visar på åkerarealer motsvarande drygt 500 ha majs resp drygt 400 ha potatis krävs. Förutom landarealer kommer produktionen ge upphov till vattenbehov och andra insatsmedel. Det är inte troligt att den omfattning på biopåse som skissas här skulle ge någon direkt inverkan på världshungern. Biopåsen är dock en produkt som kan ifrågasättas ur perspektivet konkurrens om mark för matproduktion kontra annan produktion. Baserat på detta föreslås att man som upphandlande organisation åtminstone bör säkerställa att råvaror (majs, potatis) inte härstammar från hungerutsatta respektive vattenstressade områden.

4.1 Ökad konkurrens om biomassan

Stort fokus i den internationella debatten läggs idag för att finna vägar att minska beroendet av fossila resurser (se tex European Commission 2008; European Commission 2010; WBCSD 2010; UNEP 2011). Det finns grovt sett två alternativ för att tackla detta; i) det ena är att helt enkelt reducera användningen av resursen ifråga, dvs effektivisera och/eller spara, alternativ ii) är att ersätta den fossila resursen med annat (biologiskt baserat) material. Ersättning av fossila resurser med biobaserade dito har varit ett bra och rationellt sätt att minska fossilresurs beroendet. Dock har skalan av volymen av biomassa för ersättning gjort att en rad frågetecken rests avseende vilka effekter som denna förändrade produktionsbild ger. Effekterna på utsläpp av växthusgaser (Johnson 2011; Bowyer et al. 2012), markanvändning har diskuterats (Searchinger et al. 2008; Timilsina et al. 2012; Höglund et al. 2013) och effekter på mattillgång och matpriser (von Grebmer et al. 2011; Elbehri et al. 2013). Samtidigt är denna diskussion i princip exklusiv för biobränsle området, dvs diskursen rör hur ökade volymer biomassa till ersättning av fossila energiresurser kommer påverka klimat, miljö och levnadsförutsättningar. En av orsakerna går att finna i att man ersätter ett existerande behov med en alternativ produkt som idag inte produceras. Detta innebär att ny mark och ny produktion måste tas i anspråk vilket i sin tur leder till marginal och undanträngningseffekter. Exempel på detta går att finna inom många områden bland annat majsproduktion i USA (Figur 9), vegetabiliska oljor (främst palmolja och soja olja) samt sockerrörs plantager.



Figur 9. Majsproduktion i USA 1980-2011 inklusive användningsområden (Schnepp 2012; USDA 2012)

I syfte att minska de negativa konsekvenserna från ökade behov av biomassa för energiändamål arbetar man ofta med olika former av certifieringssystem. Ett certifieringssystem innebär att krav ställs vid skogs, lant och markbruk i avseende på miljö, klimat och social hänsyn. Exempel här är hållbarhetskriterier för flytande biobränslen inom EU och inkluderat i nationell lag (European Parliament 2009; STEMFS 2011), frivillig certifiering biobränslen och trädprodukter globalt (översikter finns i bla Scarlat och Dallemand 2011; van Dam et al. 2012a).

Kritiken mot dessa system är att de generellt inte täcker allt, utan att det finns marknader där de produkter som producerats utanför certifieringskriterier kan avyttras. En annan kritik är att t.ex. palmolja kan vara både ett biobränsle och därmed del i diskussionen om hållbarhetsaspekter, men även ett livsmedel och därmed betydligt mindre utsatt för frivilliga miljö-krav. Utifrån dessa synsätt blir de riktade inköpen ganska verkningslösa då det ändå finns avsättning för produkter som inte uppfyller miljökrav. Samtidigt skall påpekas att inköp av produkter som man som person eller företag upplever är "rätt" är vedertagen praxis för hur man som liten aktör ändå kan göra en påverkan på de stora systemen. För det dagliga arbete är riktad upphandling den möjlighet man har för att styra och ge stimulans till produkter som har bättre miljöprestanda. Som företag får man hävda rätten till dessa certifierade produkter om det är så att dessa inhandlas. Detta innebär att det fotavtryck som produkterna gett upphov till kopplas till produkten specifikt och inte en allmän medelprodukt, eller för den skull den sämsta produkten.

Syftet här är att ge en kort introduktion till markbehov kopplat till de volymer av biopåsen som skissas i projektet. Baserad på denna uppskattning av markbehov kommer en diskussion genomföras med syfte att närma sig frågan om biopåsen kommer ge upphov till svält. Framställningen är inte relativ någon annan lösning och ger således inte svar på frågan om biopåsen är bättre än något annat alternativ i avseende på markanvändning.

4.2 Resultat – behov av mark för täckande av stärkelse behov

Det är i princip inte möjligt att ge en exakt bild av den landareal eller behov av råvara som krävs för täcka materialbehovet för biopåsar under ett år. Orsaken är att beroende på inköpsmarknader varierar avkastning, miljö och klimatpåverkan och hur lokalsamhället påverkas. Vi kommer dock närma oss frågan om landarealer utifrån ett generellt globalt perspektiv. Vi tänker oss att man handlar majs, alternativt potatis på en global marknad för stärkelseproduktion och sedan produktion av biopåsar. Ansatsen har brister men kommer ge en fingervisning avseende skalan av markbehov.

Den mängd stärkelse som kommer behövas för att producera 9 miljoner biopåsar á 8 gram per vecka under ett år är 1 900 ton (Ekvation 1).

$$9 \times 10^6 \times 52 \left[\frac{\text{ant}}{\text{år}} \right] \times 8 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{kg}}{\text{påse}} \right] \times \\ \times 0,69 \times 0,73 [\text{andel stärk}] = 1\,900 \left[\frac{\text{ton stärkelse}}{\text{år}} \right] \text{ Ekvation 1}$$

I vårt fall tänker vi oss att stärkelsen produceras antingen från majs eller från potatis. Stärkelse mängden skiljer sig åt mellan dessa olika grödor. För att ge ett svar på mängder tänker vi oss att hela stärkelsebehovet täcks av antingen majs eller potatis. Baserat på Entwistle et al. (1998) fås produkter ur ett ton av respektive gröda enligt Tabell 6.

Tabell 6 Produkter ur majs respektive potatis (Entwistle et al. 1998)

1 ton majs ger	0,625 ton stärkelse 0,195 ton majsfoder 0,045 ton glutenfritt mjöl 0,036 ton majsgröddolja
1 ton potatis ger	0,230 ton stärkelse (20% fukt)* 0,140 ton potatis massa (eng. pulp)

* För jämförelse innebär detta 0,200 ton stärkelse (torr) per ton potatis

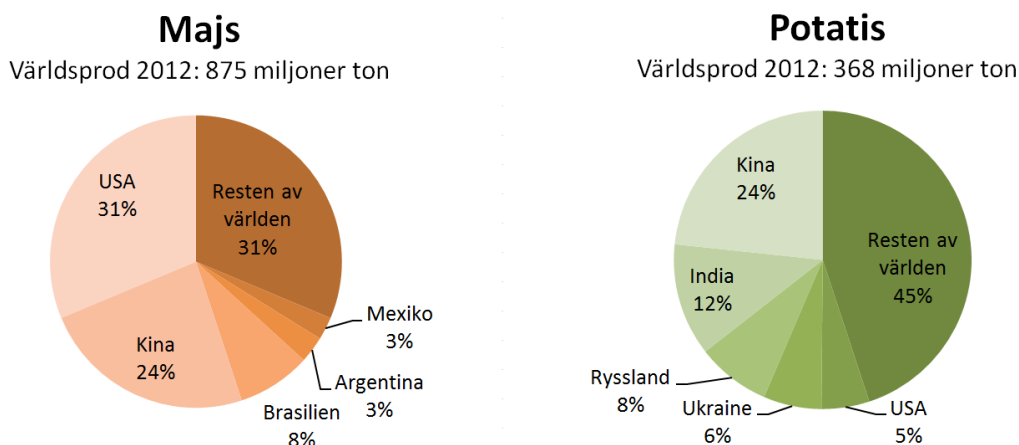
Tabell 6 ger en ungefärlig uppskattning av de produkter som kan fås från majs respektive potatis. Dessa siffror är från mitten och 90-talet och bör tas med en viss nypa salt då effektiviteten i processerna med stor säkerhet har förbättrats. Dock ger de en fingervisning kring produkter och biprodukter från produktionen av stärkelse. För potatis gäller att speciell stärkelse potatis används och för denna kan stärkelsemängden variera något från år till år (se t.ex. Jordbruksverket 2013)

Genom att använda statistik från Förenta Nationernas (FN) livsmedels- och jordbruksorganisation (FAO) kan en översiktlig bild av den avkastning som kan förväntas generellt från produktion av majs respektive potatis fås.

Tabell 7 Avkastning 2011 i kg per hektar av majs respektive potatis 2011. Värden angivna som median baserad på datamängd angivna per land i FAO (2012)

Majs avkastning per hektar 2011	3 009 kg/ha
Potatis avkastning per hektar 2011	18 084 kg/ha

De i Tabell 7 angivna värdena är en median över alla världens länder och deras avkastning av respektive grödor. Ser vi på de 5 största producenterna av vardera grödan syns att i båda fallen har dessa tillsammans mer än 50 % av den globala produktionen.



Figur 10. Andel av världsproduktionen av majs, respektive potatis uppdelad i 5 toppländer, samt resten av Världen (FAO 2012)

Ser vi på avkastningen som medel över endast dessa länder med hög produktion totalt sett fås att deras medelavkastning per yta är för majs 5 700 kg/ha och för potatis 23 100 kg/ha . För beräkning av den mängd yta som kopplas till produktionen används dessa högre siffror.

Markbehovet för produktion av biopåsar under ett år blir 530 ha för stärkelse baserat på majs och 410 ha för alternativet baserat på potatis (Ekvation 2 och 3).

$$\text{Majs: } \frac{1\,900 \left[\frac{\text{ton}}{\text{år}} \right]}{5,7 \left[\frac{\text{ton}}{\text{ha, år}} \right] \times 62,5\%} = 533 \text{ ha} \quad \text{Ekvation 2}$$

$$\text{Potatis: } \frac{1\,900 \left[\frac{\text{ton}}{\text{år}} \right]}{23,1 \left[\frac{\text{ton}}{\text{ha, år}} \right] \times 20\%} = 411 \text{ ha} \quad \text{Ekvation 3}$$

Det är tämligen svårt att relatera till dessa ytor för en lekman. Som relation kan anges att ytan för ett genomsnittligt jordbruk i Sverige 2011 var 37 hektar (Jordbruksverket 2013). Med ett medeljordbruk om 37 ha skulle detta innebära för majs produktionen från ca 14 jordbruk och för potatis 11 jordbruk .

Det bör tilläggas då diskussion om landbehov diskuteras att även behov av vatten- samt andra resurser kan vara argument som ställs mot användandet av en viss råvara. Ser vi till vattenbehov för de två råvarorna fås för majsstärkelse att det går åt 2 575 m³ vatten per ton stärkelse och för potatisstärkelse är motsvarande siffra 1 512 m³ vatten per ton stärkelse (Mekonnen och Hoekstra 2010).

4.3 Diskussion

Både majs och potatis är matgrödor. Även om varieteter väljs för den slutliga användningen, i vårt fall stärkelse, så kan diskussionen lätt hamna i hur bra det är att använda just matgrödor till biopåsar då delar av världens befolkning svälter. Det är inte helt ovanligt att man önskar styra mot icke-ätbara grödor just för att undvika det som på engelska brukar kallas food vs fuel dilemma (på svenska mat vs bränsle dilemma).

På den globala marknaden så kommer all typ av handel att ge påverkan på tillgång, efterfrågan och prisbilder. Detta å andra sidan påverkar människors och företags val av utsäden och bruksstrategier. Att det finns kopplingar är tydligt (se tex Höglund et al. 2013). Samtidigt behövs råmaterial och resurser och den väg som generellt öppnas är att förutom att säkerställa en så resurssnål produktion som möjligt ställa miljö-, klimat- och sociala krav på råvaror som används. I ett första skede kan kunskap om ursprungsland för majs- respektive potatisråvara vara en lämplig nivå i ett första steg. Genom detta kan säkerställas att inte råvarorna härstammar från hungerdrabbade länder alternativt områden utsatta för vattenstress .

Att ställa långgående krav på hållbart jordbruk är en möjlighet men ger en merkostnad. Man bör dock notera att slutprodukterna i detta fall inte är mat och miljömärkningar ofta har en inriktning avseende produktgrupper. Miljömärkningen Krav i Sverige är tex för mat och en biopåse skulle alltså inte kunna Kravmärkas. På sockerrör som kan användas både

för socker och drivmedel tacklar man detta med att certifiera själva sockerröret (van Dam et al. 2012b), och för träprodukter inom Forest Stewardship Council (FSC) är det själva skogsbruket och dess träråvara som certifieras (FSC 2010).

För att närma sig frågan om någon kommer svälta som resultat av en tänkbar produktion av biopåsar baserad på antingen majs-, eller potatisstärkelse så är svaret att det beror på. Om råvarorna kommer från hungerutsatta områden, och/eller vattenbrist så finns en risk att så blir fallet. Om däremot råvaror härstammar från områden med säker tillgång på mat och vattenbrist inte föreligger så är nog risken liten. Det går dock inte att komma ifrån att biopåsarna blir en del av en diskurs som avser effektivt användande av existerande markområden och andra resurser. Att göra upphandling av råvarorna till biopåsen som inkluderar vissa grundläggande krav avseende råvaruursprung för stärkelse skapar förutsättningar att påvisa att man tar ett ansvar avseende biopåsens påverkan kopplat till produktionen.

5 Vattenåtgång vid produktion av påsar

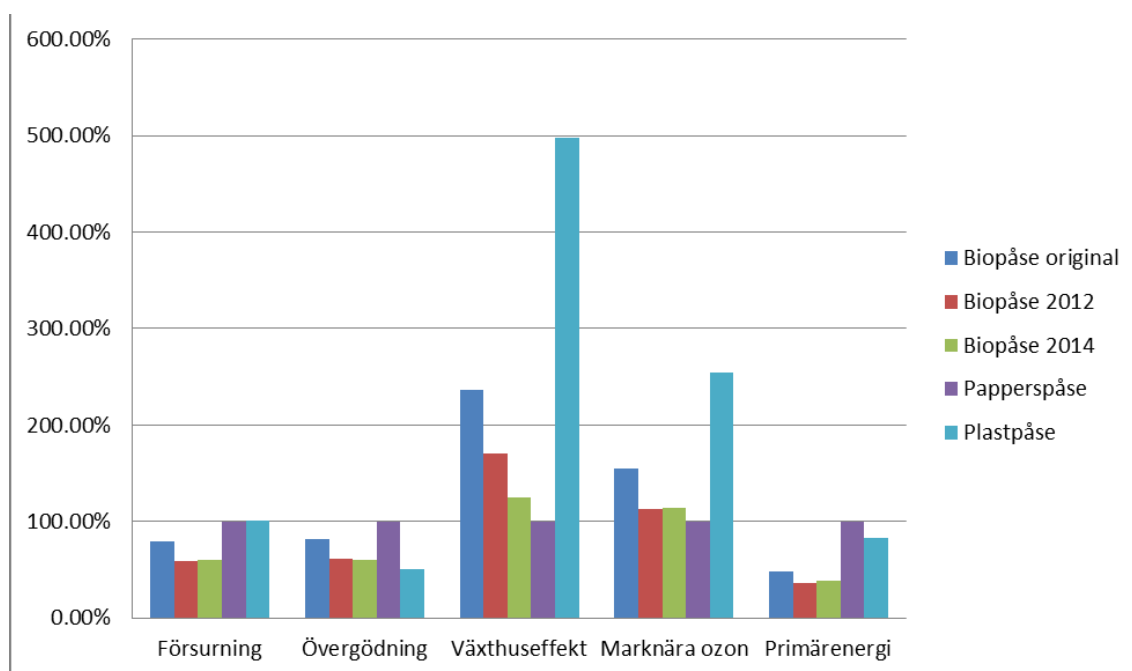
En översiktlig analys av ingående data har gjorts med avseende på vattenåtgång för ingående material i papperspåse respektive Biopåse 2014. Vattenåtgången för papperspåsen är i storleksordningen 150 kg vatten per kg påse och för Biopåse 2014 ca 160 kg per kg påse. Vattenåtgången per påse är således knappt 2,9 kg per papperspåse och 1,3 kg per Biopåse 2014. Ingen djupare analys har genomförts annat än att det är färskvatten som avses och säger därmed ingenting om vattenkvalitet, tillgång på vatten eller om det är avdunstning eller avrinning till recipient. Som diskuteras i markanvändningskapitlet är det viktigt att råvarorna för påsar produceras i områden där vattenstress inte föreligger.

6 Resultatredovisning

Resultaten redovisas här för samtliga studerade matavfallspåsar. Resultaten redovisas per funktionell enhet – ”insamling och transport av en (1) matavfallspåse till rötning för biogasproduktion i en Svensk kommun”.

6.1 Resultat för samtliga miljöpåverkanskategorier, normaliserat

Resultaten för samtliga studerade matavfallspåsar presenteras i Figur 11. Resultaten har normaliserats till papperspåsen, dvs papperspåsens miljöpåverkan har satts till 1 (100%) i varje påverkanskategori.

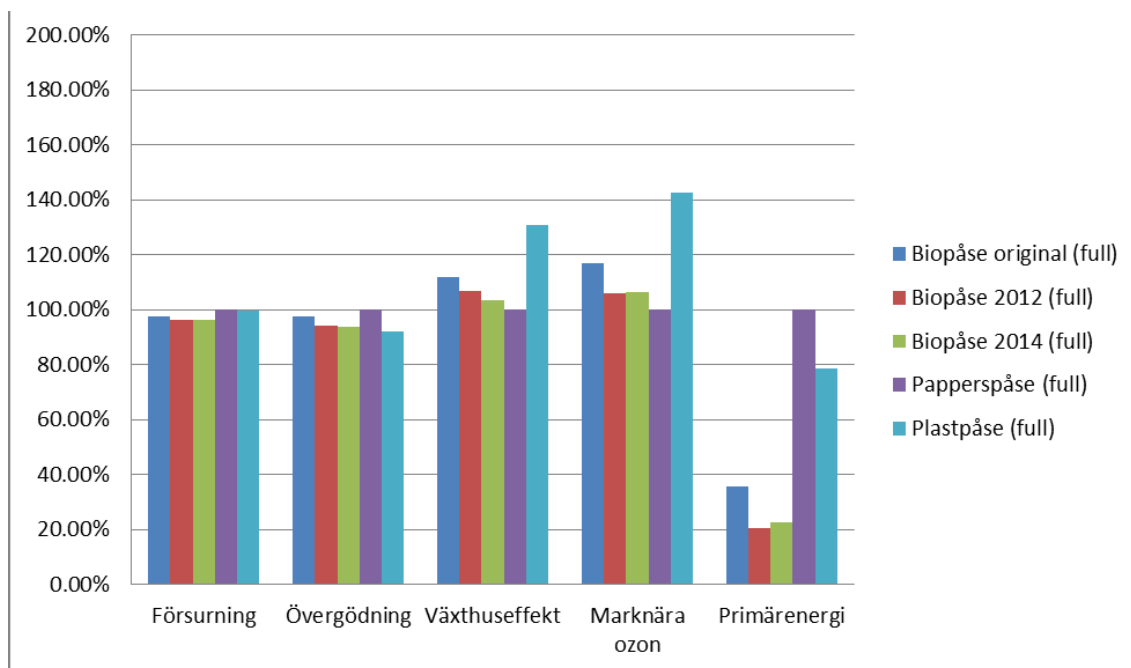


Figur 11. Normaliserade resultat för miljöpåverkan och primärenergi med papperspåsen satt till 100% i varje kategori för enbart påsar

Resultaten visar att Biopåse 2012/2014 har lägst påverkan på förurning och lägst primärenergianvändning medan papperspåsen har lägst påverkan på växthuseffekt och marknära ozon. Plastpåsen har något lägre resultat på övergödning jämfört med Biopåsen 2012/2014.

Resultaten för växthuseffekt visar tydligt relevansen av fossilt innehåll i matavfallspåsarna där plastpåsen har störst påverkan och biopåsens påverkan sjunker när det förnyelsebara innehållet ökar.

I Figur 12 presenteras resultatet för samtliga studerade påsar med matavfallsinnehåll inkluderat. Detta ger en bild av relevansen av matavfallspåsarnas inverkan på matavfallssystemet.

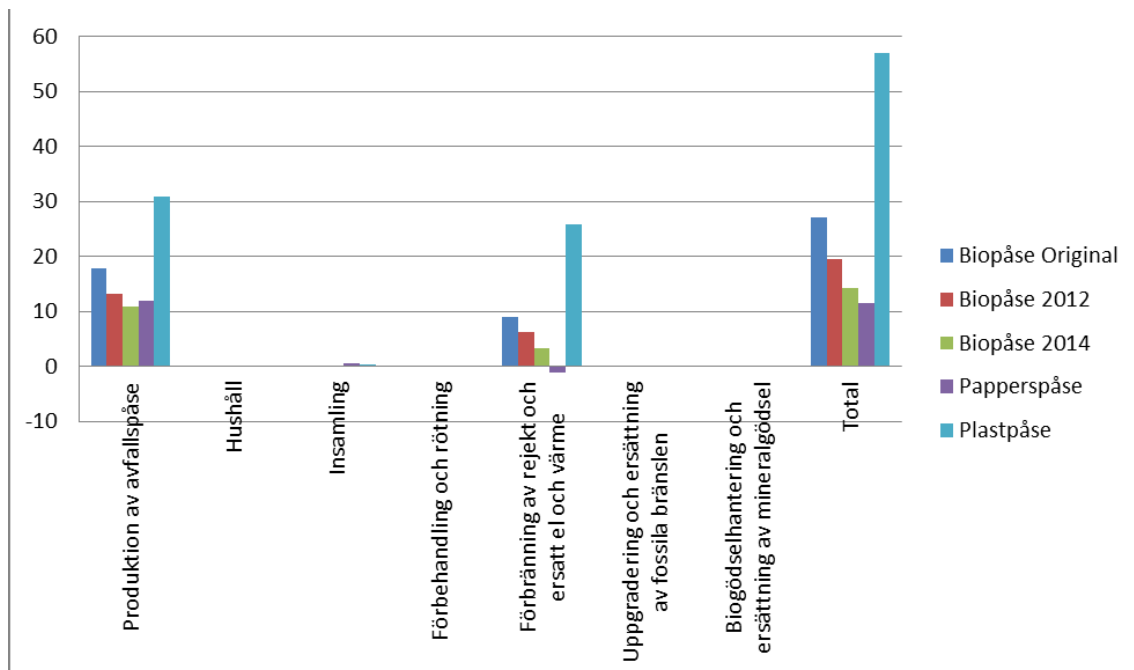


Figur 12. Normaliserade resultat, med papperspåsen satt till 100% i varje kategori, för miljöpåverkan och primärenergi med 1,1kg matavfall till rötning inkluderat i påsarna

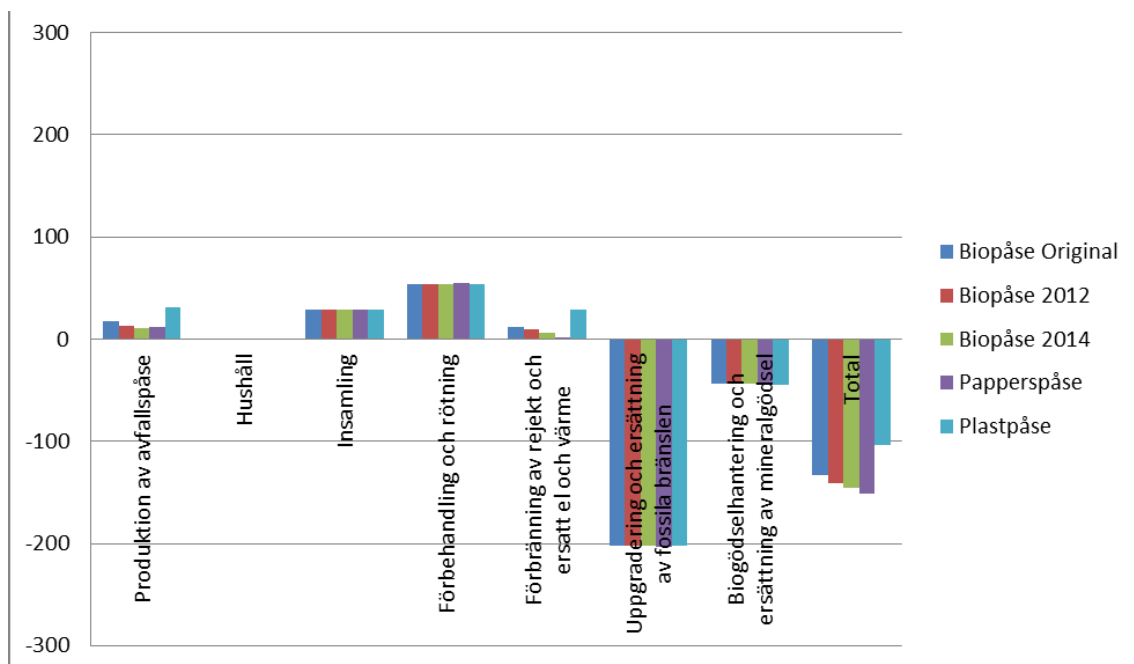
För ytterligare resultat och resultatanalys, se kapitel 7 nedan.

6.2 Resultat för växthuseffekt uppdelat på livscykelphas

Figur 13 visar påverkan på växthuseffekten av matavfallspåsarna uppdelat på de olika livscykelphaserna. Produktion och förbränning av rejekt står för de stora delarna medan insamling av påsarna är marginell. Papperspåsen har lägst påverkan tätt följd av biopåse 2014 medan plastpåsen har högst påverkan. I Figur 14 har 1,1 kg matavfall inkluderats och det är då endast plastpåsens påverkan vid produktion och förbränning av rejekt som avviker med en signifikant större påverkan.



Figur 13. Växthuseffekt för matavfallspåsarna (utan matavfall) per livscykel i g CO₂-ekv.

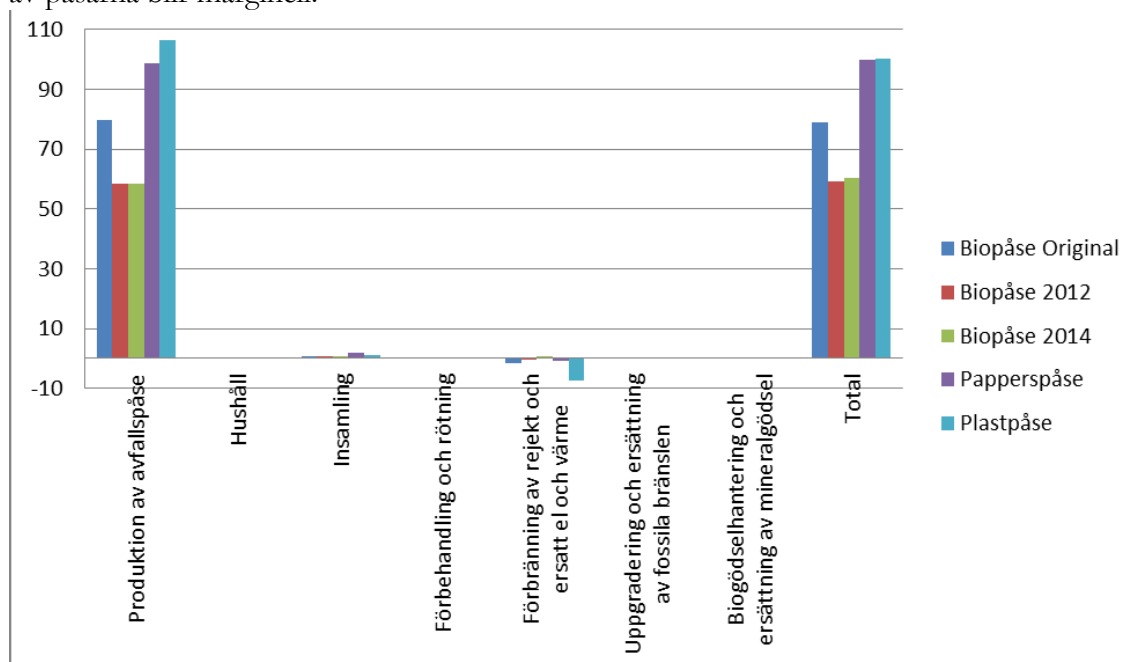


Figur 14. Växthuseffekt för matavfallspåsarna (med 1,1kg matavfall) per livscykel i g CO₂-ekv.

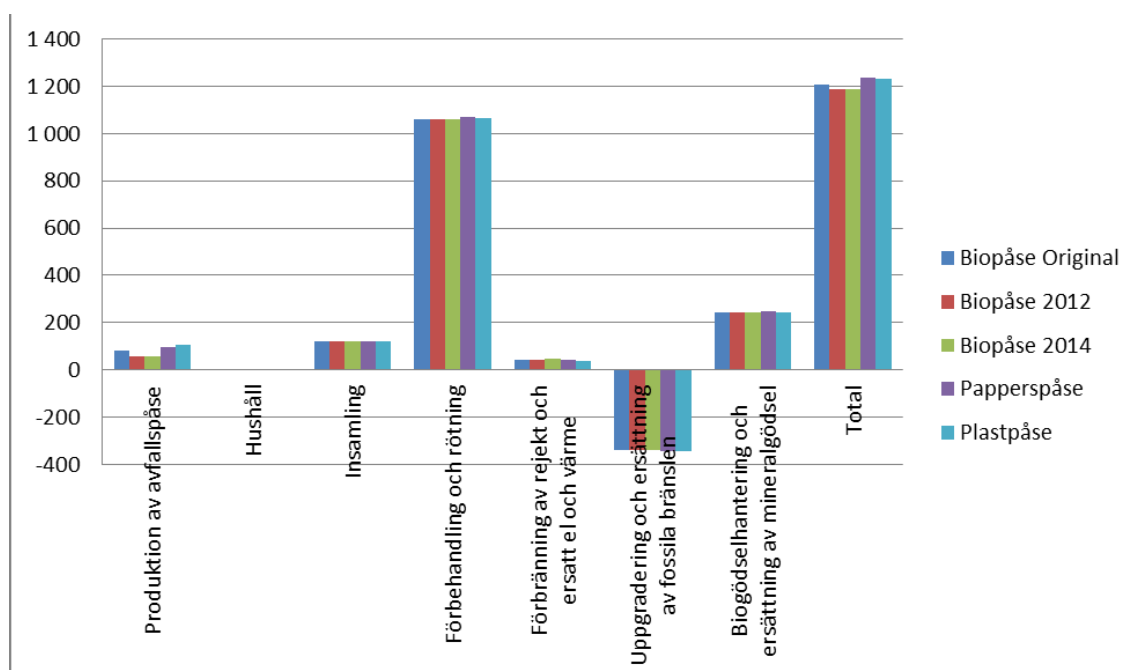
6.3 Resultat för förurning uppdelat på livscykel

Figur 15 visar förurningen från matavfallspåsarna och det är enbart produktionen av påsar som har någon större påverkan. Biopåsen ligger generellt lägre i påverkan än papperspåsen

och plastpåsen. Figur 16 visar resultatet med 1,1 kg matavfall och skillnaderna i produktion av påsarna blir marginell.



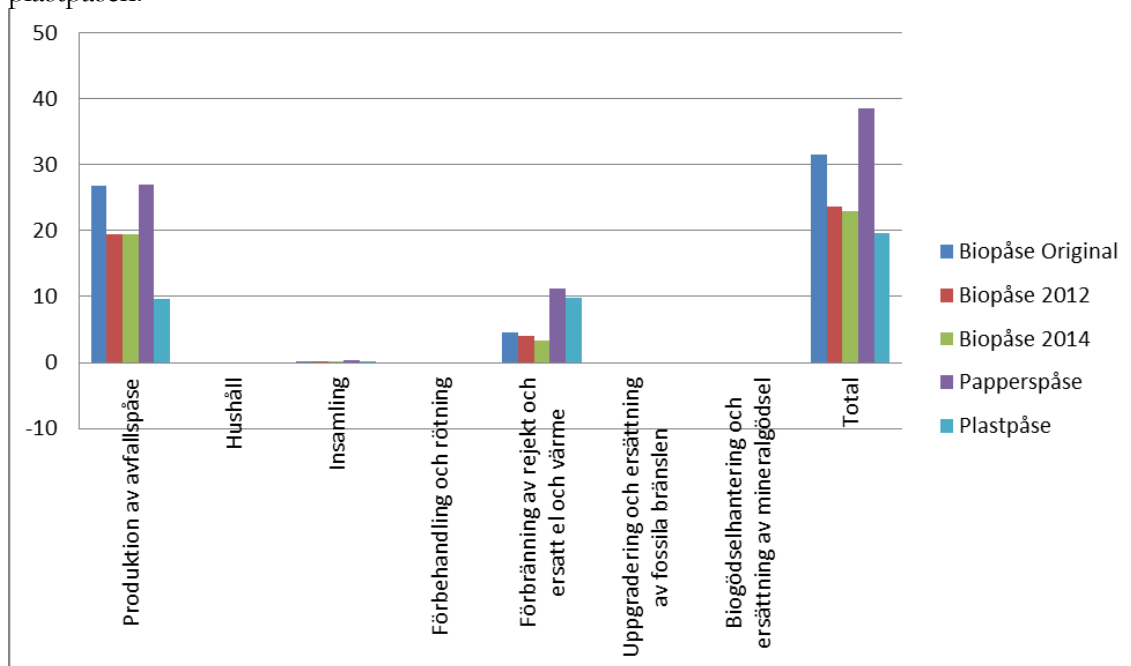
Figur 15. Förurning för matavfallspåsarna (utan matavfall) per livscykelsteg i mg SO₂-ekv.



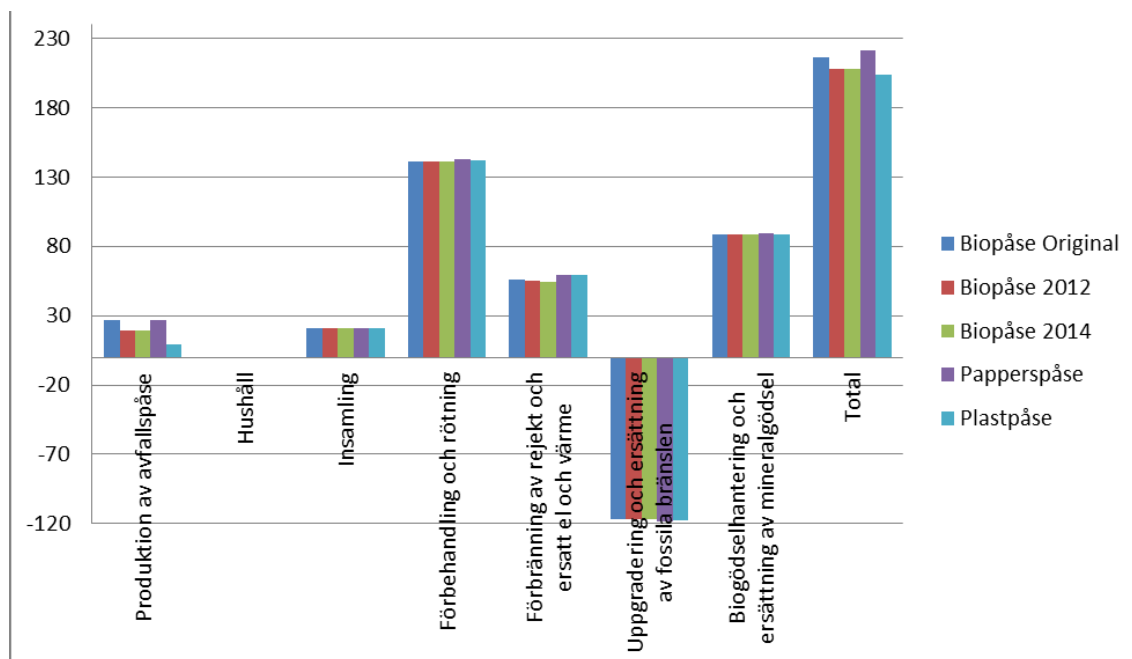
Figur 16. Förurning för matavfallspåsarna (med 1,1kg matavfall) per livscykelsteg i mg SO₂-ekv.

6.4 Resultat för övergödning uppdelat på livscykelphas

Figur 17 visar övergödning från avfallspåsarna uppdelat i livscykelphaserna. Plastpåsen har i produktionsledet klart lägst påverkan men i totalen ungefär samma påverkan som biopåse 2012/2014 till följd av förbränningen av rejekt. Papperspåsen har högst påverkan tätt följd av biopåse original. Figur 18 visar resultatet med 1,1 kg matavfall och papperspåsen tillsammans med biopåse original ligger då ca 10% högre än biopåse 2012/2014 och plastpåsen.



Figur 17. Övergödning för matavfallspåsarna (utan matavfall) per livscykelphas i mg PO_4^{3-} -ekv.



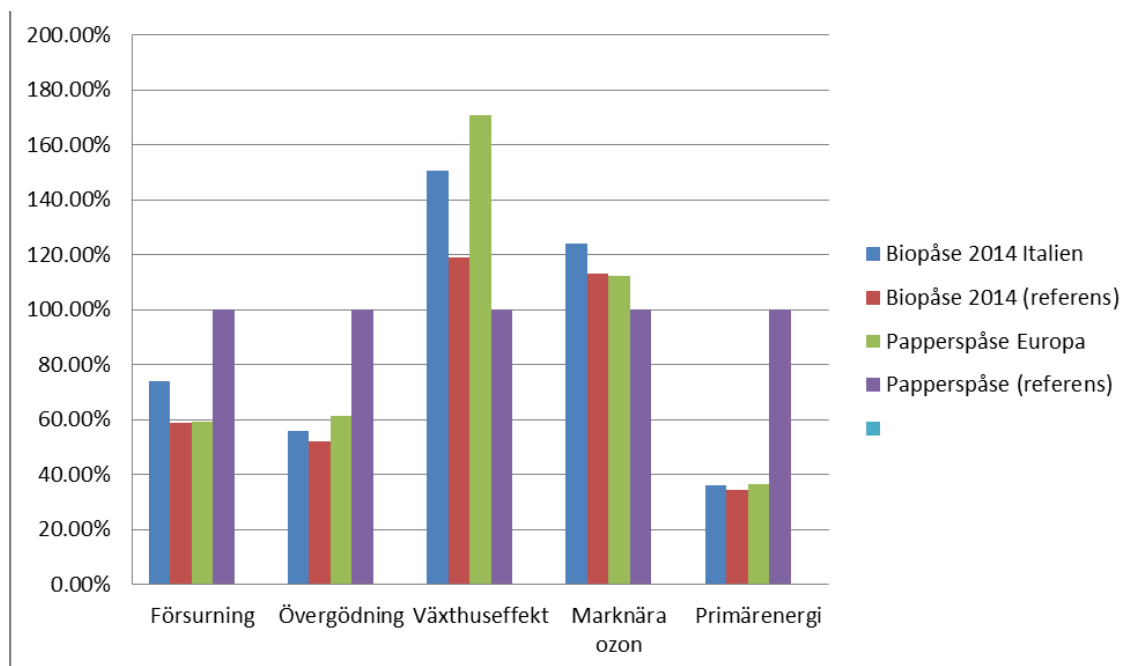
Figur 18. Övergödning för matavfallspåsarna (med 1,1kg matavfall) per livscykel i mg PO_4^{3-} -ekv.

7 Resultatanalys

7.1.1 Känslighetsanalys

7.1.1.1 Produktion sker på annan plats

I grundfallet antas biopåsen konverteras i Helsingborg och pappret i papperspåsen i Sverige. I denna känslighetsanalys undersöks istället produktion av Biopåsen vid Novamonts fabrik i Terni, Italien och pappret är genomsnittlig europeisk produktion.



Figur 19. Normaliserade resultat för miljöpåverkan och primärenergi för Biopåse 2014 tillverkad i Italien och Papperspåsen tillverkad i Europa med papperspåsen (referens) satt till 100% i varje kategori.

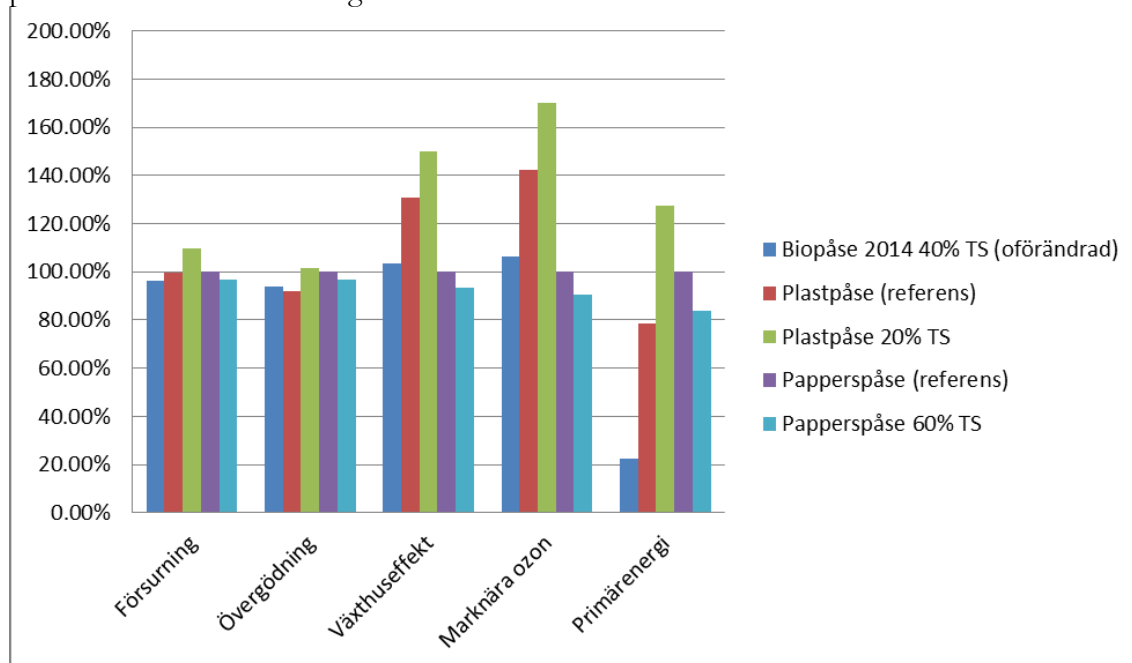
I Figur 19 ses att växthuseffekten kopplad till biopåsen och papperspåsen ökar då produktionen flyttas till Italien respektive Europa samt att papperspåsen i detta fall har en högre påverkan än biopåsen. Samtidigt sjunker förurning och övergödning för papperspåsen vilket är en effekt av minskad användning av biobränslen.

7.1.1.2 Påverkan på transportarbete till följd av vätskehalt i matavfallet

I grundfallet antas allt matavfall ha 40 % torrsubstans vid insamling. Det skiljer i vätskeavgång mellan de olika påsarna och WVTR⁷ är nära noll för plastpåsen, ca 1200 g per kvadratmeter och dygn för biopåsen och ca 2500 g per kvadratmeter och dygn för papperspåsen. Den faktiska vattenavgången är dock svårt att uttala sig om då den varierar

⁷ Water Vapor Transmission Rate, materialets genomträngning av vattenånga

beroende på användarens beteende och vilket behållare som används i hemmet. För att undersöka betydelsen har en känslighetsanalys gjorts där papperspåsen har 60% torrs substans, biopåsen har 40% och plastpåsen 20%. Det har antagits att samma mängd matavfall-TS samlas in i samtliga fall och det är därmed endast insamlingsarbetet som påverkas. Resultatet ses i Figur 20.



Figur 20. Normaliserade resultat för miljöpåverkan och primärenergi för olika TS (fyllda påsar) med papperspåsen (referens) satt till 100% i varje kategori.

Betydelsen av vattenavgång är inte försumbar och detta bör studeras vidare.

7.1.1.3 Variationer i vikt på matavfallspåsarna

En faktor som direkt påverkar resultatet är förändringar i vikt på de studerade påsarna. När endast påsarna ingår i systemet blir resultatförändringen ett 1:1-förhållande eftersom den funktionella enheten är "insamling och transport av en (1) matavfallspåse till rötning för biogasproduktion i en Svensk kommun". Biopåse 2014 varierar mellan 12,9 och 15,8 gram koldioxidekvivalenter och Papperspåsen varierar mellan 10,3 och 12,6 gram koldioxidekvivalenter vid 10 % viktförändring.

7.1.1.4 Distribution av matavfallspåsar

Distribution av matavfallspåse till slutanvändare har antagits ske via avfallinsamlingsfordon och ingen extra energi har inkluderats. Om distributionen istället sker via distributionsbil skulle det kunna påverka resultatet då biopåsar och plastpåsar tar mindre plats och därmed går att distribuera med mindre transportarbete. En överslagsräkning visar dock enkelt att denna påverkan är försumbar.

Om distributionsbilen levererar Biopåsar till 500 hushåll (75 000 påsar) som ligger i ett område 10 km från distributionscentralen med en leverans och det med samma distributionsbil endast går att leverera papperspåsar till 210 hushåll (31 500 påsar och andel

efter viktförhållande). Distributionsbilen drar 1 l diesel/mil (2700 g CO₂-ekvivalenter per mil). Skillnaden per påse blir då:

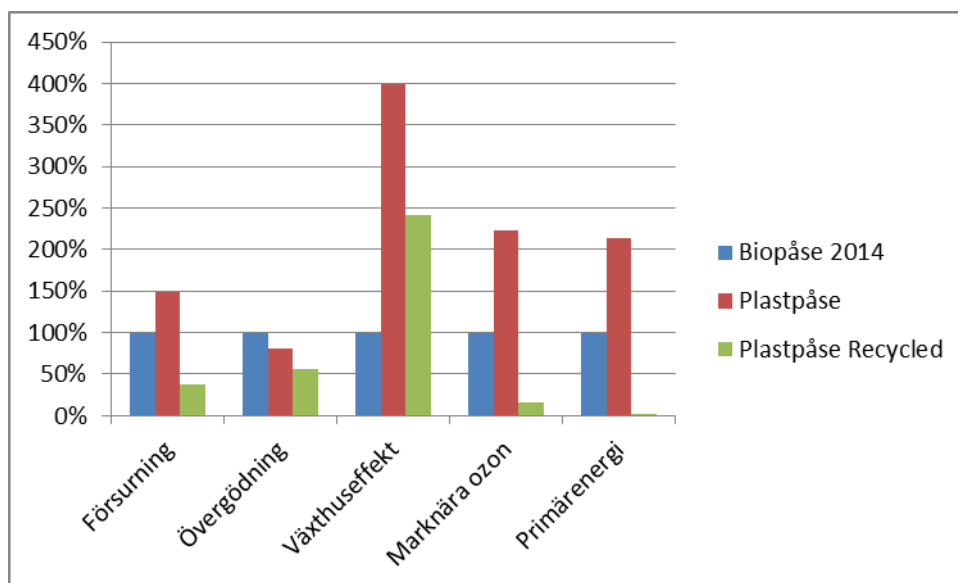
$$10 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 2700 / (75000 - 31500) = 0,1 \text{ gram CO}_2\text{-ekvivalenter}$$

Om påsar levereras via distributionsbilar får Biopåsen något lägre utsläpp än papperspåsen, men skillnaden är mycket liten i jämförelse med produktion av påsarna och helt försumbar i relation till matavfallssystemet.

7.1.1.5 Råvara i plastpåse

Råvara plastpåse. I grundfallet är plastpåsen gjord på 100 % jungfrulig plast. I denna känslighetsanalys studeras en påse gjord på 100 % återvunnen plast. Produktion av råvaror ersätts i detta fall med plastavfall och något förenklat inkluderas enbart insamlingen av plastförpackningar baserat på Palm (2009) med 50 % fastighetsnära och 50 % återvinningsstationer. Då transport till sorteringsanläggning, sortering och granulering ej ingår är plastpåsens miljöpåverkan i detta fall något underskattad.

I Figur 21 nedan ses att en plastpåse baserad på återvunnen plast har avsevärt bättre miljöprestanda än en plastpåse baserad på ny plast. Den har också lägre miljöpåverkan än Biopåse 2014 för förurning, övergödning och marknära ozon men fortfarande klart högre påverkan på växthuseffekten då det fortfarande är en fossil plast som bränns med rejektet.



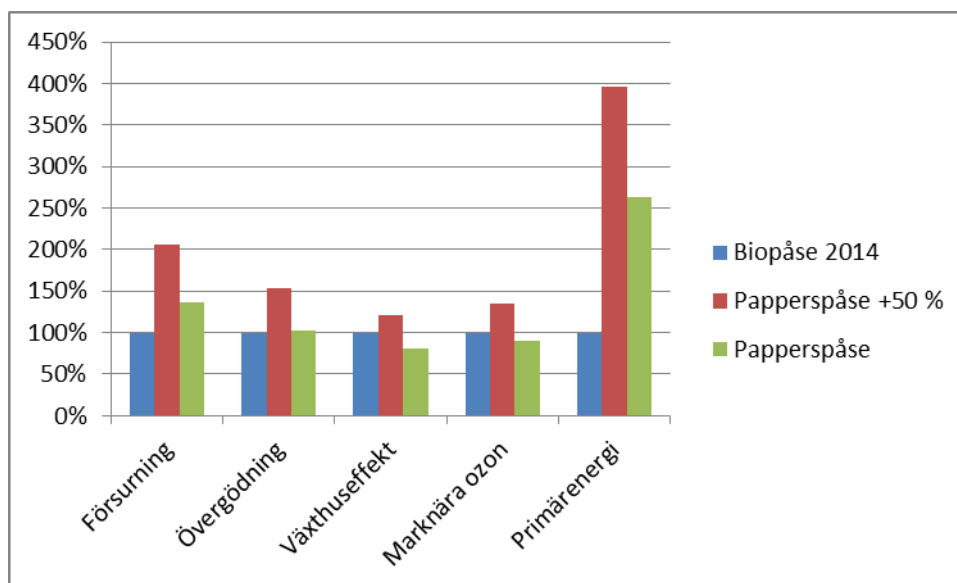
Figur 21. Normaliserade resultat för Biopåse 2014, Plastpåse och Plastpåse med återvunnen plast. Biopåse 2014 satt till 100% i samtliga miljöpåverkanskategorier.

7.1.1.6 Antal förbrukade matavfallspåsar till följd av rädsla för läckage

Antal påsar som används. Projektets enkät till hushållen som testat biopåsen visar att 58 % av hushållen upplever sig använda färre biopåsar än papperspåsar. 48 % uppgav att de ofta använde dubbla papperspåsar och ytterligare 31 % gjorde detta sällan medan restande

aldrig gjort det. En analys görs där antalet papperspåsar ökar med 50 %. Det är inte säkert att antalet papperspåsar är 50 % fler men analysen indikerar hur miljöprestandan ser ut om fler papperspåsar används.

Figur 22 visar normaliserade resultat där papperspåsen får högre miljöpåverkan i samtliga påverkanskategorier då 50 % fler påsar används. För påverkan på växthuseffekt är brytpunkten då 24 % fler papperspåsar används. Det vill säga att om var fjärde hushåll använder dubbla papperspåsar blir miljöpåverkan på växthuseffekten lika hög för papperspåsar som Biopåse 2014.

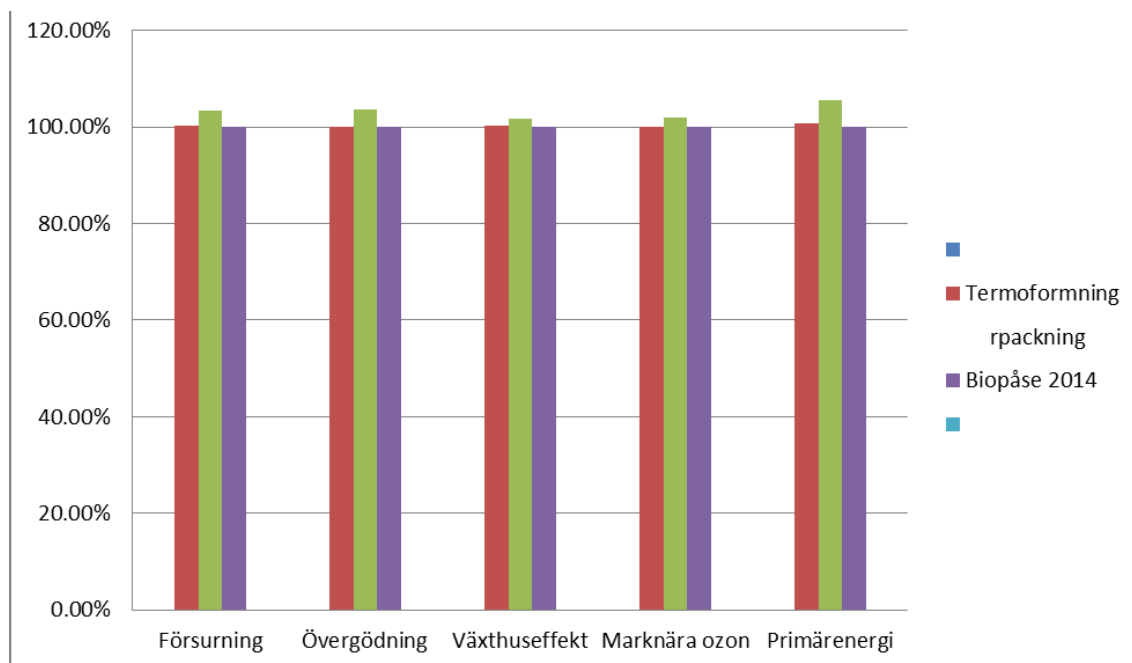


Figur 22. Normaliserade resultat för Biopåse 2014, papperspåse med 50% fler använda påsar samt samt papperspåse. Biopåse 2014 satt till 100% i samtliga miljöpåverkanskategorier.

7.1.2 Kontroll av fullständighet

De två större dataluckorna är förpackning till matavfallspåsarna där ingen förpackning har inkluderats samt energiförbrukning vid termoformning av fog på biopåse där ingen energiförbrukning har inkluderats.

I Figur 23 visas förändring på resultatet för biopåsen då 200 gram kartong används för att förpacka 25 rullar biopåsar, totalt 500 påsar och då energin för extrudering av biopåsen ökas med 5% för att motsvara termoformning. Dessa uppskattningar är högst satta men påverkar inte resultatet signifikant.



Figur 23. Fullständighetstest där normaliserad miljöpåverkan visas då miljöpåverkan kopplas till termoformning av biopåsens fog samt förpackning av biopåsen.

7.1.3 Kontroll av överensstämmelse

I kontroll av överensstämmelse kontrolleras möjliga problem i jämförelsen av produkterna och diskussion förs kring modellering och metodik.

Biopåsen är en produkt under utveckling vilket gör att den slutliga produkten som sätts till marknaden kommer skilja sig från den som studerats i projektet vilket påverkar analysen. Genom att resultaten redovisas för tidigare biopåse (original), den som studeras i projektet (Biopåse 2012) och den som sannolikt sätts till marknaden ges en indikation kring vad slutprodukten miljöprestanda blir. Biopåse 2014 har en större osäkerhet i modellen än Biopåse 2012 då grundmaterialet ej ännu tillverkas i större skala. Utvecklingen har dock kommit så långt att resultaten är troliga och relevanta att studera. För biopåsen med 100% förnybara material är motsvarande osäkerheter för stora och denna har därför inte inkluderats i studien.

Biopåsens hantering i insamlings- och behandlingssystem är ännu inte fullt klarlagd medan papperspåse och plastpåse hanterats i flera år.

Distribution av matavfallspåsar till slutanvändare skiljer sig åt i de svenska kommunerna. Det sker i samband med insamling av avfall; med separat utkörning; via brevbärare och genom avhämtning i butik. Beroende på om transporten är volyms-, vikts- eller obegränsad påverkas systemets miljöprestanda. En känslighetsanalys kommer att genomföras senare, men denna distribution bör inte påverka relationen mellan de jämförda produkterna i någon större grad även om de absoluta resultaten kan påverkas.

Vattenavgången skiljer sig mellan de studerade påsarna vilket påverkar insamlingstransporter och faktisk insamlad mängd matavfall-torrsubstans. Detta påverkar transportarbetet vid insamling vilket studeras i en känslighetsanalys. Det har en påverkan på resultaten vid de extrema värden som valts i känslighetsanalysen men behöver studeras vidare då avdunstning inte endast sker genom materialet samt att hushållens beteende påverkar. I det fall en matavfallspåsen sätts i ett tätt plastkärl är vattenavgången i hemmet rimligtvis lika för samtliga påsar.

Påsarna skiljer sig i användarledet vilket kan påverka insamlade mängder och renhet på insamlat matavfall. Att använda en biopåse eller plastpåse har visats sig vara mer uppskattat hos hushållen i förstudierna till och i enkäterna inom detta projekt. Detta skulle kunna leda till ökad anslutningsgrad och deltagande i matavfallsinsamlingen och därmed större mängder och större miljönytta. Denna eventuella fördel för biopåsen och plastpåsen har inte inkluderats i modellen då det varierat stort mellan olika områden vilka insamlingsmängderna blir och andra faktorer spelar sannolikt in. Det kan också vara så att mängden felsorterat avfall ökar då papperspåsen ses som en tydligare signal på att det endast är matavfall som ska sorteras. Plockanalyser inom projektet har dock visat att renheten i matavfallet ökat marginellt efter införandet av Biopåsen.

7.1.4 Dominansanalys

När enbart matavfallspåsarna studeras ligger största påverkan på växthuseffekten i produktionsledet av påsarna och avfallshanteringen påverkas av den fossila andelen i påsarna. När påsarna däremot sätts in i det system som motiverar deras existens, insamling och behandling av matavfall, är det istället insamling och behandling som står för de stora utsläppsposterna och vinsten vid ersätta fordonsbränslen samt mineralgödsel överstiger vida produktion av påsar. Den insamlade mängden matavfall har alltså en betydande effekt.

Även för försurning och övergödning är det matavfallet som dominerar.

8 Slutsatser

Biopåsen är en produkt under utveckling och denna analys är därför baserad på en version av biopåsen som troligen liknar den som kan sättas till marknaden. Ett antal analyser för att täcka in såväl osäkerheter som alternativa möjligheter har genomförts för en mer nyanserad bild av Biopåsens miljöprestanda.

Följande slutsatser dras baseras på miljöbedömningen:

- Biopåse 2014 har lägre påverkan på försurning och övergödning än papperspåsen, likvärdig påverkan på marknära ozon och något högre påverkan på växthuseffekten.
- Jämfört med tidigare biopåsar (original) är påverkan på växthuseffekt nära halverad från ca 27 g till ca 14 g CO₂e vilket är nära papperspåsens ca 11 g.
- Produktion av biopåse 2014 har lägre påverkan på växthuseffekten än papperspåsen men då den har fossilt innehåll blir totala påverkan högre i avfallssystemet
- Satt i perspektivet att varje matavfallspåse är fylld med 1,1kg matavfall är biopåse 2014s och papperspåsens miljöpåverkan jämförligt stora för samtliga miljöpåverkanskategorier vilket tyder på att båda alternativen har låg miljöpåverkan i relation till systemet de används.
- I jämförelse med plastpåsen, som är närmast jämförbar i funktion för användaren, har Biopåse 2014 lägre miljöpåverkan i samtliga kategorier utom övergödning där den är ungefär lika.
- Biopåse 2014 är det mest troliga alternativet för storskalig produktion av biopåsar då den MaterBi som ingår kommer ersätta nuvarande blandning under 2013 vilket motiverar att fokusera på denna blandning i studien.
- Biopåsen bör användas i ett så luftat system som möjligt för att minimera skillnaden mot papperspåsen vad gäller vatteninnehåll i transporterat matavfall.
- Enkäter antyder att det förbrukas fler papperspåsar än Biopåsar pga risk för läckage. Om så är fallet förbättras Biopåsens miljöprestanda ytterligare i jämförelse med papperspåsen
- Renheten på matavfallet har i studien inte försämrats, men ett större urval behövs för att säkerställa att så är fallet.
- Potatis är det bästa valet som stärkelsebas, men ur ett mark, vatten och matperspektiv är det viktigaste att odling inte sker i områden där det är matbrist eller vattenbrist samt att odlingen är spårbar genom leverantörskedjan.

Huvudsyftet med studien var att undersöka om biopåsens miljöprestanda över hela livscykeln är motsvarande eller bättre än motsvarande produkter som papperspåse och plastpåse. Resultaten visar att miljöprestandan varierar beroende på miljöpåverkanskategori men att som helhet är biopåsens miljöprestanda motsvarande papperspåse och bättre än plastpåsen.

Ur ett markanvändningsperspektiv är skalan på produktion av biopåsen enormt viktig och i det fall det blir en globalt storsäljande produkt blir det av yttersta vikt att ingående råvaror

produceras på ett hållbart sätt. Storleksordningen för svensk produktion är relativt oproblematisk.

9 Rekommendationer och användning

I det system där matavfallspåsar har sin funktion visar resultaten att påverkan från påsarna i sig är liten. Papperspåsen har idag för växthuseffekt något bättre prestanda än biopåsen, men potentialen för utveckling är fortfarande god för biopåsen. Under projektets gång har flera leverantörer identifierats där arbete pågår för helt förnybara produkter. Samtidigt har förstudierna till projektet visat att biopåsen ger en bättre användarfunktion än papperspåsen. Om biopåsen kan bidra till en ökad sortering av matavfall kommer miljövinsten av det ökade utsorterade matavfallet vida överstiga skillnaderna i miljöpåverkan från produktion av påsarna.

Viktiga parametrar för en bra Biopåse är:

- fungerar i behandlingssystemen
- har en fortsatt ökad mängd förnybart material med målet 100% förnybart
- har en dolomit av hög kvalitet, dvs med låga spårvärden för Cd och övriga metaller
- har en spårbar och transparent leverantörskedja för ingående råvaror

Denna studie visar att andelen fossilt i biopåsar är kritiskt för miljöpåverkan och att det är den som företagen måste fortsatt arbeta med att minska om de ska tillhandahålla denna produkt.

Ytterligare studier bör göras på hur biopåsen beter sig olika förbehandlingssystem samt på hur snabbt restfragment efter rötning bryts ned i biogödselbrunnar då detta är faktorer som ej är entydigt klarlagda.

10 Referenser

Biobag (2012) Webbplats: <http://www.biobag.no>

Bohn, I., Carlsson, M., Eriksson, Y., Holmström, D. (2010) *Förbehandling av matavfall för biogasproduktion – Utvärdering av förbehandling med skruvpress*. SGC rapport 2016. Svenskt Gastekniskt Center

Bowyer, C., D. Baldock, B. Kretschmer och J. Polakova (2012). *The GHG Emissions Intensity of Bioenergy. Does bioenergy have a role to play in reducing Europe's GHG emissions?*, Institute for European Environmental Policy (IEEP), London. October.

Borås Energi & Miljö (2012). *Webbplats om optisk sortering*.
<http://www.borasenergimiljo.se/vanstermeny/omforetaget/varaanlaggningar/sobacken/optisksortering.4.59ac75d1100153061a800017639.html>

Börjesson P, Gustavsson L, Lantz M (2010) *Livscykelanalys av svenska biodrivmedel*. Rapport nr 70. ISSN 1102-3651 Inst. För teknik och samhälle. Avd. för miljö- och energisystem. Lunds tekniska högskola

van Dam, J., S. Ugarte och S. van Iersel (2012a). *Selecting a biomass certification system - a benchmark on level of assurance, costs and benefits*, NL Agency, Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, Utrecht. March.

van Dam, J., S. Ugarte och S. van Iersel (2012b). *Factsheet Bonsucro - including the RED module (formerly known as Better Sugarcane Initiative)*, NL Agency, Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, Utrecht. March.

Degli Innocenti F (2012) Research and Development Vice Director Novamont - *Personlig kommunikation*, Novara Italien 2012-10-24

Ecoinvent Centre (2007), *Ecoinvent data v.2.0. Ecoinvent reports No. 1-25*, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007.

Elbehri, A., A. Segerstedt och P. Liu (2013). *Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks*, Trade and Market Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Entwistle, G., S. Bachelor, E. Booth och K. Walker (1998). "Economics of starch production in the UK." *Industrial Crops and Products* 7: 175-186.

Eriksson, E. et al (2009). *Livscykelanalys av papperspåse och plastpåse. Uppdragsrapport för Billerud*. IVL Svenska Miljöinstitutet. Resultat och översiktlig metodik tillgängligt på <http://www.valjpapper.se>.

European Commission (2008). *20 20 by 2020 Europe's climate change opportunity* COM2008 30 final, Commission of the European Communities, Brussels, Belgium.

European Commission (2010). *A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM(2011)21, European Commission, Brussels, Belgium. 26.1.2011.

European Parliament (2009) "Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC." *Official Journal of the European Union* **52**, 62 DOI: doi:10.3000/17252555.L_2009.140.eng.

European Union (2011). *Buying green! A handbook on green public procurement*, European Union, Luxembourg.

FAO. (2012). "FAOSTAT." från <http://faostat.fao.org/>.

Franklin and Associates (2011).
<http://www.ecolean.com/assets/pdf/ecolean.environmental-comparison.pdf>

FSC (2010). *Svensk skogsbruksstandard enligt FSC med SLIMF-indikatorer*, Forest Stewardship Council (FSC), Svenska FSC, Uppsala. 050510.

von Grebmer, K., M. Torero, T. Olofinbiyi, H. Fritschel, D. Wiesmann, Y. Yohannes, L. Schofield och C. von Oppeln (2011). *Global Hunger Index. The Challenge of Hunger: Taming Price Spikes and Excessive Food Price Volatility*, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Concern Worldwide and Welthungerhilfe, Bonn, Washington, DC, Dublin. October.

Hansson C (2012) VD Sveno Papperssäckar AB - *Personlig kommunikation*, Göteborg 2012-10-23

Hansson C (2012b) *Miljöinformation om Svenos kompostpåsar*. Sveno papperssäckar AB.

Henriksson, G. (2010). *Kartläggning av utvecklingsarbete samt problem vid olika insamlingstekniker för matavfall*. Waste Refinery 31.

Holmström D, Eriksson O, Hellström H (2012). *Perspektiv på framtida avfallbehandling. – Arbetsdokument 2012-11-06*. Waste Refinery 35

Höglund, J., S. Ahlgren, C. Cederberg, P. Börjesson, K. Hansen, J. Hansson, J.-O. Helldin, M. Grahn, M. Gustavsson, E. A. Moghaddam, M. Persson och C. Sundberg (2013). *Biofuels and land use in Sweden – an overview of land use change effects*, Report 2013:7, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden, Göteborg, Sweden. May.

- Jacobsson B (2012). Marknadschef NSR – *Personlig kommunikation* 2012-08-29
- Johnson, E. P. (2011). What are the rules for biofuel carbon accounting? *World Renewable Energy Congress 2011*. Linköping, Sweden: 684-688.
- Jordbruksverket (2013). *Jordbruksstatistisk årsbok 2013 med data om livsmedel*, Årsbok, Jordbruksverket och Sveriges officiella statistik, Statistiska centralbyrån (SCB), Jönköping, Sweden.
- Liptow, C. och Tillman, A-M. (2009). *Comparative life cycle assessment of polyethylene based on sugarcane and crude oil*. Energy and Environment Report No 2009:14. Chalmers University of Technology.
- Mekonnen, M. M. och A. Y. Hoekstra (2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*, Value of Water Research Report Series 47, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Institute for Water Education (UNESCO-IHE), Delft, the Netherlands. December.
- Palm, D (2009). *Carbon footprint of recycling systems. A comparative assessment of bring- and co-mingled kerbside collection and sorting of household recyclable materials*. Master of science thesis. Chalmers University of Technology. Göteborg.
- Ramberg, P (2012). VD Jonsac – *Personlig kommunikation* 2012-10-04
- Razza F (2011) *EPD S-P-00222 v3.2 Mater-Bi CF05S*, International EPD System, Stockholm december 2011
- Rosén Å (2012). Utvecklare GAIA Holding – *Personlig kommunikation* 2012
- Scarlat, N. och J.-F. Dallemand (2011). "Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview." *Energy Policy*.
- Schnepf, R. (2012). *Agriculture-Based Biofuels: Overview and Emerging Issues*, CRS Report for Congress R41282, Congressional Research Service, Washington. January.
- Searchinger, T., R. Heimlich, R. A. Houghton, F. Dong, A. Elobeid, J. Fabiosa, S. Tokgoz, D. Hayes och T. H. Yu (2008). "Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change." *Science* **319**(5867): 1238-1240.
- STEMFS (2011). *Statens Energimyndighets föreskrifter om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen*, Statens Energimyndighets författningssamling 2011:1, Statens Energimyndighet, Stockholm. 25 februari.
- Timilsina, G. R., J. C. Beghin, D. van der Mensbrugghe och S. Mevel (2012). "The impacts of biofuels targets on land-use change and food supply: A global CGE assessment." *Agricultural Economics* **43**(3): 315-332.

PE International (2006). *GaBi professional databases 2006*.

UMEVA (2011). *Kretsloopen Information* våren 2011.

UNEP (2011). *Towards a Green Economy, Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers*, UNEP.

UNESCO (2012). *Managing Water under Uncertainty and Risk*. UN World Water Development Report (WWDR4), UN World Water Development Report United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, France.

USDA (2012). *Crop Production. Historical Track Records*, United States Department of Agriculture (USDA), Washington. April.

Wallin G (2012) Försäljning Svenco Papperssäckar AB – *Personlig kommunikation* 2012-10-11

WBCSD (2010). *Vision 2050*, Full report, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Geneva, Switzerland.

Wiktorsson, M. och K. Åstrand (2010). *Miljöanpassad offentlig upphandling. En fråga om att kunna, vilja och förstå*, Rapport 6326, Naturvårdsverket, Stockholm. Januari.



WASTE REFINERY

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se